



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů
Studijní rok: 2011/2012

Diplomová práce

Inovace myčky skleněné bižuterie

Innovation of dishwasher glass beads

Bc. Adam Kryštof

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Adam Kryštof**

Studijní obor: **N2301 / Strojní inženýrství**

zaměření **Inovační inženýrství**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Inovace myčky skleněné bižuterie

Innovation of dishwasher glass beads

Zásady pro vypracování:

- 1) Seznamte se se současným stavem řešení myčky skleněné bižuterie a popište jej.
- 2) Navrhněte a zkonstruuje inovované řešení myčky.
- 3) Naplánujte inovaci od vize k výrobě prototypu pomocí projektového řízení.
- 4) Řešení optimalizujte podle metod DFX, FMEA...
- 5) Proveďte kontrolu hlavních namáhaných částí.

6) Vytvořte výkresovou dokumentaci.

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva cca 50 stran

- Poster ve formátu A3, shrnující základní body práce

Seznam literatury:

[1] PEŠÍK L.: *Části strojů: stručný přehled. 1.díl.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008

[2] PEŠÍK L.: *Části strojů: stručný přehled. 2.díl.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008

[3] MAŠÍN I. – ŠEVČÍK L.: *Metody inovačního inženýrství : inovace, plánování a navrhování výrobku* Liberec : Institut technologií a managementu, 2006

[4] ŠEVČÍK L.: *PLM systém a principy návrhu výrobků* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2010

Vedoucí diplomové práce: doc.Ing. Ladislav Ševčík, CSc. TU Liberec

Konzultant diplomové práce:

L.S.

Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.

děkan

V Liberci dne

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta Strojní



Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T010 – Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobků

Katedra částí a mechanismů strojů

Diplomová práce

Inovace myčky skleněné bižuterie

Innovation of dishwasher glass beads

KST

Bc. Adam Kryštof

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

Konzultant diplomové práce: Roman Kalina, Kalipo s.r.o.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:69

Počet tabulek:9

Počet obrázků:57

Počet příloh:7

V Liberci 14.5.2012



Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/200 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: . 14.5. 2012

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Ladislavu Ševčíkovi, CSc. z katedry částí a mechanismů strojů TU v Liberci za cenné informace, rady a čas, který mi věnoval při psaní této práce.

Dále bych chtěl poděkovat svému konzultantovi Romanu Kalinovi, za poskytnutí firemních dat a konzultace k danému tématu.



Vznik tohoto materiálu byl podpořen v rámci projektu OP VK (CZ 1.07/2.2.00/07.0291) „In-TECH 2“ spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Realizace projektu: 2009 – 2012.

Partneři projektu: Technická univerzita v Liberci - Škoda Auto a.s. - Denso MCZ s.r.o.

Manažer projektu Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín.





Anotace

Tato diplomová práce se zabývá inovací myčky skleněné bižuterie. Tyto myčky se používají pro mytí bižuterie před pokovením. S použitím moderních metod inovačního inženýrství bylo navrženo 6 různých variant řešení myček s rozdílnými způsoby mytí. Z těchto navržených variant byla nakonec vybrána jedna, která byla podrobněji rozpracována, zkonstruována a podrobena pevnostní analýze.

Klíčová slova

Diplomová práce

Inovační inženýrství

Myčka skleněné bižuterie

Vakuové pokovení



Annotation

This thesis is about innovation of dishwasher glass jewelery. These dishwashers are used for washing before coating of jewelery. Modern innovative engineering methods were used to design six different options with different ways of dish washing. From these proposed options was finally selected one, which was elaborated, constructed and subjected to stress analysis.

Keywords

Dishwasher glass jewellery

Innovation engineering

Thesis

Vacuum coating

Obsah

| | |
|--|----|
| Seznam obrázků..... | 9 |
| Seznam tabulek..... | 11 |
| Seznam použitých zkratk | 12 |
| Úvod | 14 |
| Cíl | 16 |
| 1 Kalipo s.r.o. | 17 |
| 2 Průzkum trhu | 18 |
| 2. 1 Nabídka firmy ECO-TE..... | 19 |
| SPRAY-CAST 3001, 3002 | 19 |
| SPRAY-CAST 3003 | 20 |
| Anticor- Spray 300..... | 21 |
| 2. 2 Nabídka firmy AVS | 22 |
| PML 450, 600..... | 22 |
| AML 450, 600..... | 23 |
| 3 Současné řešení | 24 |
| 4 Identifikace zákaznických potřeb | 26 |
| 5 Generování konceptů..... | 27 |
| 5. 1 Koncept 1- „Spin“..... | 28 |
| 5. 2 Koncept 2- „Roller“ | 29 |
| 5. 3 Koncept 3- „Lifter“..... | 30 |
| 5. 4 Koncept 4 - „Washbox“..... | 31 |
| 5. 5 Koncept 5 - „Carousel“ | 32 |
| 5. 6 Koncept 6 – „Slider“..... | 33 |
| 6 Výběr neoptimálnější varianty | 35 |
| 6. 1 Hrubé roztřídění konceptů | 35 |
| 6. 2 Detailní roztřídění konceptů | 36 |
| 7 Zhodnocení konceptů metodami DFX | 37 |
| 7. 1 Design For Assembly..... | 37 |
| 7. 1. 1 Zhodnocení složitosti montáže Konceptu 1 | 39 |
| 7. 1. 2 Zhodnocení složitosti montáže Konceptu 2 | 40 |
| 7. 2 Design for Manufactory | 41 |
| 7. 3 Design for Disassembly | 41 |



| | |
|--|----|
| 7. 4 Design for Environment..... | 41 |
| 7. 5 FMEA | 42 |
| 8 Vybraný koncept | 43 |
| 8. 1 Konstrukční řešení zvolené varianty..... | 43 |
| 8. 1. 1 Rozpadové schéma sestavy | 44 |
| 8. 2 Rozpracování vybraného konceptu..... | 45 |
| 8. 2. 1 Rám a vana myčky | 45 |
| 8. 2. 2 Vrchní nosník | 46 |
| 8. 2. 3 Elektromotor..... | 47 |
| 8. 2. 4 Převodovka..... | 49 |
| 8. 2. 5 Frekvenční měnič | 50 |
| 8. 2. 6 Návrh hřídele..... | 51 |
| 8. 2. 7 Mycí koš..... | 52 |
| 8. 3 Princip mytí..... | 53 |
| 9 Pevnostní analýza | 54 |
| 9. 1 Výpočet rámu..... | 54 |
| 9.2 Výpočet vrchního nosníku | 57 |
| 9. 3 Výpočet elektromotoru | 59 |
| 9. 4 Výpočet hřídele..... | 60 |
| 9. 5 Výpočet pera | 64 |
| 9. 6 Výpočet standardizovaných dílů v Mechsoftu..... | 64 |
| 9. 6. 1 Výpočet ložiska | 65 |
| 9. 6. 2 Výpočet pera | 65 |
| 10 Ekonomické zhodnocení..... | 67 |
| Závěr..... | 68 |
| Seznam použité literatury | 70 |
| Seznam příloh | 71 |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Princip vakuového pokovu | 17 |
| Obrázek 2 - Spray-Cast 3001,3002..... | 20 |
| Obrázek 3 - Spray-Cast 3003..... | 21 |
| Obrázek 4 - Anticor-Spray 300 | 21 |
| Obrázek 5 - Poloautomatická mycí linka PML-450..... | 22 |
| Obrázek 6 - Automatická mycí linka AML-600 | 23 |
| Obrázek 7 - Současná myčka ve firmě kalipo s.r.o. | 24 |
| Obrázek 8 - Současná myčka používaná ve firmě Kalipo s.r.o..... | 25 |
| Obrázek 9 - Současná myčka používaná ve firmě Kalipo s.r.o. | 25 |
| Obrázek 10 - Kreslený koncept | 27 |
| Obrázek 11 - Počítačový 3D koncept..... | 27 |
| Obrázek 12 - Koncept1 | 28 |
| Obrázek 13 - Kinematika konceptu1 | 29 |
| Obrázek 14 - Koncept2..... | 29 |
| Obrázek 15 - Kinematika konceptu2 | 30 |
| Obrázek 16 - Koncept3..... | 30 |
| Obrázek 17 - Kinematika konceptu3 | 31 |
| Obrázek 18 - Koncept4..... | 31 |
| Obrázek 19 - Kinematika konceptu 4..... | 32 |
| Obrázek 20 - Koncept 5..... | 32 |
| Obrázek 21 - Kinematika konceptu 5 | 33 |
| Obrázek 22 – Koncept 6 | 33 |
| Obrázek 23 - Kinematika konceptu 6..... | 34 |
| Obrázek 24 - Vybraný koncept..... | 43 |
| Obrázek 25 - Render zvolené sestavy v ProEngineeru..... | 43 |
| Obrázek 26 - Rozložená sestava..... | 44 |
| Obrázek 27 - Rám myčky..... | 45 |
| Obrázek 28 - Vana myčky..... | 45 |
| Obrázek 29 - Vrchní nosník | 46 |
| Obrázek 30 - Uchycení nosníku na rám | 46 |
| Obrázek 31 - Asynchronní elektromotor..... | 47 |
| Obrázek 32 - Ukázka pravoúhlých převodovek | 49 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 33 - Elektromotor s převodovkou | 49 |
| Obrázek 34 - Frekvenční měnič..... | 50 |
| Obrázek 35 - Modul LogicStick | 50 |
| Obrázek 36 - Uložení hřídele | 51 |
| Obrázek 37 - Mycí koš | 52 |
| Obrázek 38 - Mycí koš s výměnnými boxy..... | 52 |
| Obrázek 39 - Průběh zrychlení v čase | 53 |
| Obrázek 40 - Průběh rychlosti v čase | 53 |
| Obrázek 41 - Průběh krouticího momentu | 53 |
| Obrázek 42 - Zatížení nosníku | 54 |
| Obrázek 43 - Vygenerovaná síť a detail „zahuštění“ sítě okolo otvorů | 55 |
| Obrázek 44 - Napětí v nosníku (zvětšení deformace 5%)..... | 55 |
| Obrázek 45 - Deformace nosníku (zvětšení deformace 5%)..... | 56 |
| Obrázek 46 - Napětí v rámu (zvětšení deformace 5%) | 56 |
| Obrázek 47 - Deformace rámu (zvětšení deformace 5%) | 56 |
| Obrázek 48 - Zatížení vrchního nosníku | 57 |
| Obrázek 49 - Napětí v horním nosníku | 58 |
| Obrázek 50 - Deformace horního nosníku | 58 |
| Obrázek 51 - Zatížení hřídele | 60 |
| Obrázek 52 - Ukázka hustoty sítě..... | 63 |
| Obrázek 53 - Napětí v hřídeli | 63 |
| Obrázek 54 - Deformace hřídele | 63 |
| Obrázek 55 - Detail hřídele | 63 |
| Obrázek 56 - Ukázka MechSoftu | 64 |



Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 - Zákaznické potřeby | 26 |
| Tabulka 2 - Afinní diagram | 26 |
| Tabulka 3 - Hrubé roztrídění konceptů..... | 35 |
| Tabulka 4 - Detailní hodnocení konceptů..... | 36 |
| Tabulka 5 - Koeficienty pro pomocné montážní operace..... | 38 |
| Tabulka 6 - Hodnoty spojovacích montážních operací | 38 |
| Tabulka 7 - Zhodnocení složitosti montáže konceptu 1 | 39 |
| Tabulka 8 - Zhodnocení složitosti montáže konceptu 2 | 40 |

Seznam použitých zkratek

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| α [rad s ⁻²] | - | Úhlové zrychlení |
| β | - | Vrubový součinitel |
| ξ_k | - | Součinitel plasticity |
| σ [Pa] | - | Mechanické napětí |
| B [m] | - | Tloušťka |
| CAD | - | Computer Aided Design, počítačem podporovaná konstrukce |
| CAE | - | Computer Aided Engineering |
| CAM | - | Computer Aided Manufacturing, počítačem podporovaná výroba |
| D [m] | - | Průměr |
| DFX | - | Design for X |
| F [N] | - | Síla |
| f [Hz] | - | Frekvence |
| FMEA | - | Failure Mode and Effect Analysis |
| H [m] | - | Výška |
| i | - | Převodový poměr |
| I [A] | - | Elektrický proud |
| J [m ⁴] | - | Moment setrvačnosti |
| k | - | Bezpečnost |
| KST | - | Katedra částí a mechanismů strojů |
| l [m] | - | Délka |
| m | - | Metr |
| m [kg] | - | Hmotnost |
| M [Nm] | - | Moment |
| MKP | - | Metoda konečných prvků |
| mm | - | Milimetr |
| η | - | Účinnost |
| n [s ⁻¹] | - | Otáčky |
| NC | - | Numeric Control, číslicové řízení |
| p [Pa] | - | Tlak |
| P [W] | - | Výkon |
| PDM | - | Product Data Management |



| | |
|-----------------------------------|--|
| PID - | Proporcionálně Integrační a Derivační člen |
| PLC - | Programmable Logic Controller, Programovatelný logický automat |
| p_p - | Počet pólů |
| r [m] - | Poloměr |
| s - | Skluz |
| τ [Pa] - | Mechanické napětí |
| T [N] - | Tečná síla |
| t [s] - | Čas |
| TUL - | Technická univerzita v Liberci |
| U [V] - | Napětí |
| ν_τ - | Součinitel velikosti |
| W [m ³]- | Modul průřezu |
| ω [rad s ⁻¹] - | Úhlová rychlost |

Úvod

Vakuové pokovení je dnes velmi rozšířená technologie úpravy povrchů, která zasahuje do mnoha průmyslových oborů. Kovovým povlakem na povrchu výrobku se dosáhne jednak efektního kovového vzhledu a také změny řady vlastností jako je např. celkové zlepšení mechanických vlastností, zmenší se navlhavost některých materiálů, propustnost pro kapaliny a plyny a zvětší se odolnost proti chemikáliím, výrazně se zmenší stárnutí materiálu. Rozhodující vliv pro úspěšné pokovení má úprava povrchu před vlastním pokovením.

Tenký kovový povlak na povrchu výrobků se vytváří postupy, které se dají podle hlavních rysů rozdělit na chemické, galvanické, vakuové a speciální způsoby pokovování. Povrch výrobků je třeba před pokovováním upravit, aby bylo dosaženo dobré přilnavosti nanášeného kovu.

U některých materiálů (např. plastů) se před pokovem provádí úprava povrchu, která spočívá v jemném zdrsnění a odmaštění nebo ve vyleptání povrchu. Pokovované díly nesmí mít vady, nesmí být mastné, povrch musí být dokonale čistý, neboť platí, že kovový povlak vadu ještě zvýrazní.

Při chemickém pokovování (bezproudovém) se kov vylučuje na povrchu předmětů z roztoku soli povlakového kovu působením redukčního činidla buď trvale obsaženého v pokovovací lázni, nebo je redukční činidlo dodáváno až na speciálně upravený povrch předmětů. Tímto způsobem se pokovuje nejčastěji měď nebo niklem, ale i stříbrem a zlatem. Kovová vrstva se vylučuje rovnoměrně po celém povrchu i u složitých výrobků a dosažitelná tloušťka je kolem 10 mm.

Galvanické pokovování spočívá ve vyloučení kovu z roztoku účinkem stejnosměrného elektrického proudu. Základní vodivá vrstva na povrchu se vytváří chemickým pokovením. Dosažitelná tloušťka kovové vrstvy není omezena a může se skládat i z více vrstev nanesených postupně.

Pokovování ve vakuu je metoda, při které dochází k napařování kovů za velmi nízkých tlaků (10^{-3} až 1 Pa) při teplotách, kdy dochází k odpařování kovu. Předměty musí být umístěny ve vzdálenosti menší než volná dráha molekul par kovu. Nejčastěji se nanáší hliník a dosahované tloušťky vrstvy při pokovení jsou 0,1 až 1 mm.



Vakuové pokovení se nejčastěji používá v elektrotechnice pro nanášení elektrovedivých vrstev, v automobilovém průmyslu pro pokovení parabol světlometů, na autodoplňky nebo renovaci chromových dílů veteránů.

Ve stavebnictví je používáno na komponenty sanitárních výrobků, nábytkových a interiérových doplňků nebo na výrobky pro domácnost.

Pro ozdobné a dekorativní účely se využívá na reklamní předměty, trofeje, ocenění, poháry, originální umělecká díla, obaly a uzávěry kosmetických výrobků, součásti hraček a modelů, náramků, řetízků a bižuterii.

Cíl

Tato diplomová práce se zabývá návrhem inovované konstrukce myčky skleněné bižuterie za použití moderních metod inovačního inženýrství. Důvodem této inovace je snaha vytvořit vlastní konstrukci myčky, která bude splňovat zadané cíle.

Průběh inovace je řešen jako projekt, který se skládá z určitých fází vývoje nového výrobku. Jednotlivé fáze jsou rozpracovány do samostatných kapitol.

Úkolem první kapitoly bude seznámení s technologií pokovu a se současným řešením myčky skleněné bižuterie používané ve firmě Kalipo s.r.o., toto řešení prozkoumat, popsat jej a zjistit přednosti a nedostatky.

Dalším krokem bude průzkum trhu s myčkami a to vyhledáním nabídek na internetu. U nalezených variant prostudovat technologii mytí. Na to navazuje analýza zákaznických potřeb, která odhalí, co zákazník od nového výrobku požaduje. Z těchto požadavků se sestaví tabulka potřeb a afinní diagram.

Následující kapitola této práce se zaměří na inovaci vlastní myčky podle metod inovačního inženýrství. Inovační proces začne návrhem šesti různých variant řešení myčky, ze kterých bude vybrána jedna varianta pro další konstrukční řešení.

Z vybraného konceptu se vytvoří inovovaná konstrukce myčky skleněné bižuterie. Tento návrh bude proveden tak, aby splňoval zadané cíle, mezi které patří jednoduchá a bezúdržbová konstrukce, zvýšení kapacity jedné mycí dávky na 90kg a pořizovací náklady myčky do 100 000kč. Konstrukční řešení bude optimalizováno pomocí metod DFX, FMEA.

V poslední kapitole se provede výpočet bezpečnosti hlavních částí sestavy a to i pomocí metody konečných prvků. Na závěr se zhodnotí přínos inovovaného výrobku, což znamená zjistit, zda nalezené řešení splňuje všechny předem stanovené požadavky.

Tato práce řeší samotnou konstrukci myčky a nebude v ní popsáno elektrické zapojení ani řídicí program pro frekvenční měnič.

1 Kalipo s.r.o.

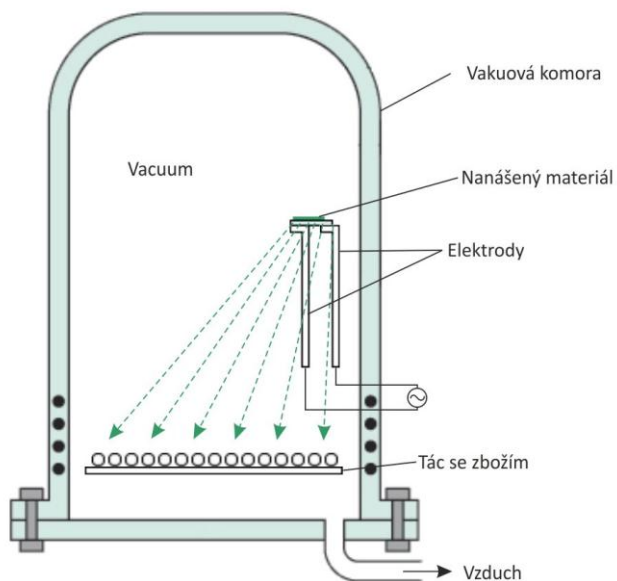
K pokovení výrobků ve firmě Kalipo s.r.o. je používána metoda vakuového napařování kovů. Ve vysokém vakuu se nanáší velmi tenké kovové vrstvy na široké spektrum podkladových materiálů. V případě firmy Kalipo s.r.o. se jedná o skleněnou bižuterii o průměrech od 4mm do 20mm různých tvarů. Odpařovaný (nanášený) kov, který je ve formě drátu nebo prášku, se vloží na odpařovací elektrody. Průchodem proudu se elektrody zahřejí a kov se začne vypařovat, k čemuž napomáhá i vysoké vakuum.

Pokovované předměty jsou umístěny v prostoru vakuové komory a vznikající kovové páry na nich začnou tvořit tenký souvislý povlak.

Nanesená vrstva kovu přesně kopíruje povrch výrobku. Pokovením se docílí vytvoření reflexní vrstvy nebo dekorativního kovového vzhledu - chromování.

Nejčastěji používaným materiálem pro vakuové pokovení je hliník ale i jiné ryzí kovy, jako je titan, křemík, měď, nikl, chrom, stříbro, zlato a další. Kombinací těchto kovů lze na povrchu pokovovaných výrobků vytvořit zajímavé barevné struktury.

Touto technologií nelze pokovovat materiály se znečištěným a mastným povrchem. Proto je velmi důležité, aby byl povrch co nej kvalitnější, důkladně omytý a odmaštěný. Pokud nejsou tyto podmínky splněny, může být výsledný povrch po pokovení plný nerovností, map nebo dokonce může dojít k odpadání pokovené vrstvy a tím k znehodnocení výrobku.



Obrázek 1 - Princip vakuového pokovu

2 Průzkum trhu

Průzkum trhu je činnost, při níž se zjišťuje okamžitý stav trhu, změny na trhu a směry jeho vývoje. Hlavním cílem průzkumu je vytvořit předpoklady pro předvídání budoucího vývoje trhu, tj. vývoje poptávky, potřeb a přání zákazníků, chování konkurence nebo sledování nových trendů.

Průzkum trhu lze provést 2 způsoby:

1. průzkum „od stolu“;
2. průzkum „v terénu“.

Při průzkumu „od stolu“ se pracuje s informacemi, které jsou běžně k dispozici v podniku nebo vyhledáním mimo podnik. Tato data se utřídí, zpracují a vyhodnotí. Tímto lze odhadnout změny ve spotřebě, sledovat výkyvy prodeje v různých obdobích roku, tržní životnost výrobků, účinnost propagace, vývoj cen apod.

Průzkum v terénu se zaměřuje na:

- chování zákazníků;
- chování konkurence;
- zboží.

Při zkoumání chování zákazníka se sledují motivy nákupního chování. Proč zákazníci toto zboží kupují, zda prodávané výrobky splňují jejich přání a potřeby, zda dochází k reklamacím, jak často nakupují, jaké jsou nákupní zvyklosti, jaká je jejich kupní síla.

Dá se říci, že se hledá odpověď na otázky:

- co se má prodávat;
- kde se má prodávat;
- komu se má prodávat;
- kolik, jak, kdy a za kolik se má prodávat.

Při zkoumání chování konkurence se zjišťuje, jakým způsobem konkurence pracuje, zda bude rozšiřovat nebo omezovat nabídku zboží (služeb), zda pracuje na inovaci výrobků nebo výrobního programu, za jaké ceny prodává, jaké další služby při prodeji výrobků zákazníkům poskytuje.

U zboží se zjišťují užitné vlastnosti, vnější vzhled, kvalita, cena, balení, vliv na ekologii.

[5]

Průzkum trhu v této práci probíhal vyhledáním nabídek na internetu. Při průzkumu byly nalezeny výrobky dvou firem, které nejvíce odpovídaly požadovaným parametrům pro mytí skleněné bižuterie. Jednalo se o firmu ECO-TE (Ekologické technologie www.eco-te.cz) a firmu AVS (Automatizované výrobní systémy www.vojik-avs.cz).

První jmenovaná firma ECO-TE nabízí ucelenou řadu průmyslových myček, jako jsou dílenské myčky, oplachovací myčky, ultrazvukové myčky, vakuové myčky a jiné.

Druhá firma AVS se specializuje na konstrukce a výrobu jednoúčelových a víceúčelových vrtacích a frézovacích strojů a manipulačních zařízení, kde v jejich referencích je i zakázka pro firmu PRECIOSA Jablonec nad Nisou na výrobu Automatické a Poloautomatické mycí linky.

Po prozkoumání nalezených nabídek byl u všech objeven jeden podstatný nedostatek a to příliš vysoká pořizovací cena zařízení a složitost konstrukce. Menší firmy si tak mnohdy nemohou dovolit koupit zařízení na mytí za statisíce korun a vyhledají menší firmu zabývající se výrobou jednoúčelových strojů a nechají si u ní vytvořit jednoduchou myčku za několik desítek tisíc korun.

2. 1 Nabídka firmy ECO-TE

SPRAY-CAST 3001, 3002

V sortimentu firmy ECO-TE byly nalezeny čtyři výrobky. První z nich je myčka SPRAY-CAST 3001, která má otáčivý rošt a pevné oplachovací zařízení. Druhá nalezená myčka je SPRAY-CAST 3002, která je vybavena pevným roštem a otáčecím oplachovacím zařízením.

Tyto myčky jsou určeny k čištění dílů definovanými mycími programy s možností podpůrného mytí pomocí stříkácí pistole (u modelů DT 700 a 800). Důkladné umytí dílů zajišťuje zabudovaný nastavitelný systém trysek z nerezové oceli spolu se systémem mosazných šroubovacích trysek se širokým úhlem rozprašování.

Uvedená zařízení jsou vyrobena z nerezové oceli a jejich součástí je zabezpečovací systém proti náhodnému otevření mycí komory, síto na zachytávání třísek a filtr s propustností 0,25mm, kulový ventil pro vypouštění lázně umístěný ve výšce dna myčky, energeticky úsporná tepelná a akustická izolace. Dále je zde přípojka na odsávání par vzniklých během mycího procesu, systém ohřevu – zapnutí/vypnutí, plynulý systém

regulace teploty lázně do 90 C°, kontrola hladiny a signalizace přerušení přítoku vody. Konstrukce a uspořádání myček splňují platné směrnice Evropské unie.

Tyto myčky se používají v dílnách a výrobních podnicích, v systémech výrobních linek, v autodílnách, servisech, v tiskárnách atp.



Obrázek 2 - Spray-Cast 3001, 3002

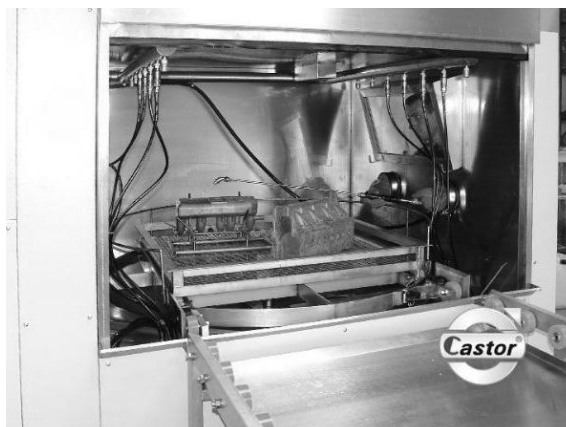
SPRAY-CAST 3003

Další nalezené zařízení je SPRAY-CAST 3003. Tato myčka zajistí důkladné vyčištění dílů díky systému vibrujících trysek se širokým úhlem rozprašování ve všech směrech. Myčka je vyrobena z nerezové oceli, ke které je připojena pojízdná příhradová konstrukce z ušlechtilé oceli. Příhradová konstrukce se pohybuje na válečcích a usnadňuje plnění myčky.

Tento výrobek je vybaven pneumatickým systémem otevírání víka pracovní komory, přípojkou na odsávání par, energeticky úspornou tepelnou a zvukovou izolací, plynulou regulací teploty a systémem kontroly hladiny mycího prostředku.

Praktický programovatelný ovládací panel zobrazuje parametry mycího procesu, teplotu mycí lázně, signalizaci a popis chyb.

Jako volitelné doplňky lze přidat filtraci, olejový sběrač, zařízení pro sušení horkým vzduchem, kondenzátor páry umožňující práci myčky bez nutnosti připojení odsávání. Dále automatické doplňování mycího prostředku a automatické dávkování koncentráту.



Obrázek 3 - Spray-Cast 3003

Anticor- Spray 300

Poslední nalezená myčka od firmy ECO-TE je Anticor-Spray 300. Tato myčka je vybavena pneumatickým systémem otevírání víka pracovní komory, přípojkou na odsávání par, energeticky úspornou tepelnou a zvukovou izolací, plynulou regulací teploty a systémem kontroly hladiny mycího prostředku. Konstrukce a uspořádání myčky splňují platné směrnice Evropské unie.

Praktický programovatelný ovládací panel zobrazuje parametry mycího procesu, teplotu mycí lázně a signalizaci a popis chyb.

Jako volitelné doplňky lze přidat filtraci, olejový sběrač, zařízení pro sušení horkým vzduchem, kondenzátor páry umožňující práci myčky bez nutnosti připojení odsávání. Dále automatické doplňování mycího prostředku a automatické dávkování koncentráту.



Obrázek 4 - Anticor-Spray 300

2. 2 Nabídka firmy AVS

PML 450, 600

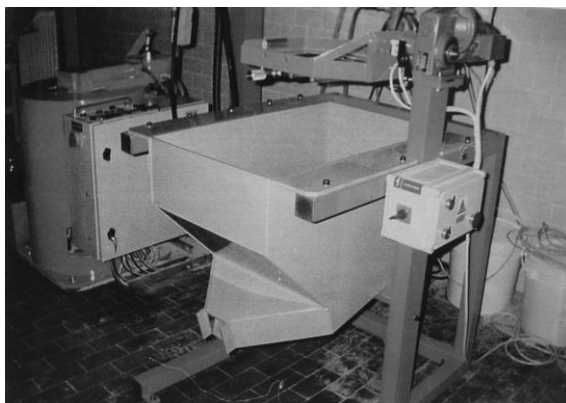
První nalezená nabídka firmy AVS je poloautomatická mycí linka PML 450 (PML 600). Celé pracoviště se skládá ze dvou hlavních částí - manipulační a technologické. Část manipulační je představována kladkostrojovou dráhou a část technologická mycím modulem, sušicím modulem (odstředivkou) a vyklápěcím (výtahovým) modulem.

Elektrický kladkostroj o nosnosti 125kg pro PML 450 má ruční pojezd a kladkostroj o nosnosti 250kg pro PML 600 má pojezd motorický. Kladkostrojem se manipuluje s nerezovým košem se zbožím mezi jednotlivými technologickými moduly.

Technologická část mycí linky obsahuje tři typy zařízení, mezi které patří mycí modul, sušicí modul a výklopný modul. Mycí modul představuje zařízení se šestibokým mycím naklápěcím bubnem a dvěma nádržemi na mycí a oplachovou vodu. Sušicí modul je představován dvěma odstředivkami typu PO 450 nebo PO 600. Výklopný modul je určen pro založení manipulačního koše s omytým a usušeným zbožím do výklopného rámu a poté k vysypání zboží do násypky. Z této násypky je možné zboží rozvažovat na dávky nebo manipulačními cestami dopravovat k dalšímu zpracování.

Mycí cyklus u této sestavy probíhá tak, že obsluha naplní mycí buben zbožím a spustí automatický cyklus mycího modulu. Po ukončení cyklu se zboží vysype do manipulačního koše a pomocí elektrického kladkostroje se přemístí do odstředivky. Zde proběhne opět samostatně navolený cyklus studeného nebo teplého oplachu a následného usušení zboží. Mezitím obsluha naplní druhou dávku zboží do mycího modulu. Po usušení zboží v odstředivce se zboží pomocí kladkostroje přemístí do vyklápěcího modulu. Zde se vysype do násypky, aby se uvolnil manipulační koš pro další cyklus v odstředivce.

Výkon pracoviště je v případě PML 450 přibližně 90 kg umytého zboží za hodinu a u PML 600 je to 120 kg umytého zboží za hodinu. Cena mycí linky PML 450 nepřekročí 800 000 Kč a cena PML 600 nepřesáhne částku 1 000 000 Kč.



Obrázek 5 - Poloautomatická mycí linka PML-450

AML 450, 600

Druhou nabídkou firmy AVS je automatická mycí linka AML 450 (AML 600). Celé pracoviště se skládá ze dvou hlavních částí - manipulační a technologické. Část manipulační je představována portálovým manipulátorem a část technologická základacím stolem, mycí a oplachovou vanou, odstředivkami a odkládacím stolem. Pracoviště je dále doplněno o bezpečnostní zábrany, elektronické řízení, osvětlení a ovládací prvky.

Portálový manipulátor je mostové konstrukce se třemi nosnými sloupy kotvenými do podlahy a třemi pohybovými celky. Jeho horizontální posuv je 7,2 m (7,5 m).

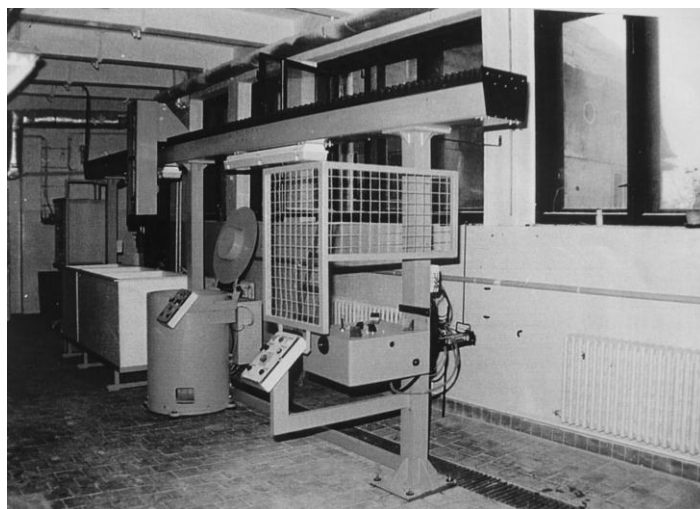
Zakládací stůl je upevněn na prvním nosném sloupu portálového manipulátoru. Základ tvoří rám svařený z ocelových profilů, na jehož bocích jsou připevněny kluzné lišty. V těchto lištách se pohybují kluzáky horního polohovacího stolu.

Mycí a oplachové vany jsou uloženy na základovém rámu. To umožňuje vyrovnaní van do horizontální polohy. Vlastní vany jsou vyrobeny z polypropylenových desek svařováním. Pracoviště je vybaveno jednou mycí vanou a dvěma oplachovými vanami.

V mycí lince jsou dvě odstředivky typu PO 450 nebo PO 600. Vybavení a příslušenství odstředivek včetně velikosti perforace manipulačních košů je realizováno dle konkrétních požadavků zákazníka.

Základ stolu tvoří svařovaná konstrukce z ocelových plechů. Stůl je upevněn na třetím nosném sloupu pomocí dvou ramen a přes svislý čep je možné provést vytočení mimo pracovní prostor portálového manipulátoru.

Výkon pracoviště AML 450 je přibližně 150 kg umytého zboží za hodinu a v případě AML 600 je to 230 kg za hodinu. Cena mycí linky AML 450 nepřekročí 1 500 000 Kč a cena AML 600 nepřesáhne částku 2 000 000 Kč.



Obrázek 6 - Automatická mycí linka AML-600

3 Současné řešení

Současná myčka ve firmě Kalipo byla vyrobená na zakázku u menší firmy zabývající se výrobou jednoúčelových strojů podle požadavků zákazníka. Zhotovení myčky s prací a dopravou stálo 35 000 Kč.

Rám myčky je ze svařované konstrukce z obdélníkových profilů (jacklů), ve které jsou vloženy 2 mycí vany. Tyto vany jsou vyrobené z polypropylenu, který je odolný proti čisticím prostředkům používaným při mytí.

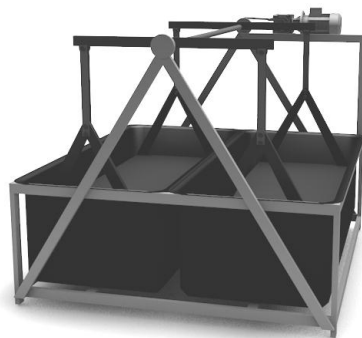
Na postranních ramenech rámu je v ložiskách uložena hřídel. Na hřídel jsou přivařena vahadla, na jejichž koncích jsou přichyceny mycí desky. Tyto desky odpovídají rozměrům KLT přepravek o nosnosti 20 kg nebo dvěma mycím košům. Pohon hřídele je zajištěn elektromotorem s převodovkou přes klikový mechanismus, který je napojen na hřídel. Po spuštění elektromotoru se koše začnou pohybovat přímočarým vratným vertikálním pohybem. To způsobí, že skrz ně začne protékat voda, která čistí zboží. Zdvih jednoho koše je 35 cm a ze spodní do vrchní pozice se dostane za 2 sekundy se zrychlením $0,175\text{m/s}^2$. Na jeden cyklus lze omýt až 50 kg zboží. Doba mycího cyklu se pohybuje kolem 25 minut.

Při pozorování výše popsaného mycího cyklu bylo zjištěno, že přibližně 40 % času jsou koše se zbožím nad vodou a nedochází tak k mytí, což vyplývá z použité technologie. Odstraněním doby, kdy je zboží mimo mycí lázeň, by bylo možné zkrátit mycí čas.

3. 1 Zjištěné nedostatky a přednosti

Mezi hlavní nedostatky současného řešení myčky ve firmě Kalipo s.r.o. patří dlouhá doba mytí, malá kapacita mycích košů, nemožnost regulace rychlosti mytí a absence bezpečnostních prvků jako stop spínač apod.

Velkými přednostmi aktuální myčky je její jednoduchá konstrukce, bezúdržbový provoz, kompaktní rozměry a nízká pořizovací cena. Další výhodou je použitá technologie výměnných košů pro rychlou manipulaci se zbožím.



Obrázek 7 - současná myčka ve firmě kalipo s.r.o.



Obrázek 8 - Současná myčka používaná ve firmě Kalipo s.r.o



Obrázek 9 - Současná myčka používaná ve firmě Kalipo s.r.o.

4 Identifikace zákaznických potřeb

Identifikace zákaznických potřeb je nezbytná pro zajištění přísunu informací potřebných pro správné navrhnutí výrobku podle požadavků zákazníka. Výhoda průzkumu je v jedinečnosti a možnosti výběru dat, o které se výrobce zajímá. Navíc výsledky vlastního průzkumu nejsou sdíleny s ostatními konkurenty veřejně a díky tomu může firma získat konkurenční výhodu. Naopak velkou nevýhodou jsou finanční náklady nebo náročnost na specialisty, kteří mají s průzkumy trhu zkušenosti. Vždy je tedy nutné vyhodnotit, zda se relativně draze získané informace vyplatí či nikoliv.

Zákaznické potřeby v této práci byly zjišťovány pomocí online dotazníku vytvořeného v aplikaci docs.google.com. Tento dotazník byl odeslán pěti firmám, které se zabývají pokovem skla. Mezi dotazované firmy patřil Fipobex Pěčín, Kalipo s.r.o. a Preciosa Jablonec nad Nisou.

Vyhodnocení průzkumu

Z doručených odpovědí od dotazovaných firem byly sepsány jednotlivé požadavky a z nich byla sestavena tabulka zákaznických potřeb a ta následně seřazena do afinního diagramu podle významnosti jednotlivých potřeb.

Tabulka 1- Zákaznické potřeby

| | | |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Nízká (energetická) spotřeba | Kompaktní rozměry | Nastavení doby mytí |
| Jednoduchá konstrukce | Nízká pořizovací cena | Snadná montáž |
| Bezúdržbový provoz | Rychlejší mytí | Životnost |
| Nízké výrobní náklady | Větší mycí dávka | Odolnost vůči chemikáliím |
| Automatizovaný provoz | Jednoduchá obsluha | Antikorozní provedení |
| Bezpečnost | Snadné naložení/vyložení | Mytí menších průměrů |
| | Bezporuchovost | Vypouštěcí ventil |

Tabulka 2 - Afinní diagram

| Minimální význam | Malý význam | Střední význam | Vysoký význam |
|--|---|---|---|
| Malé výrobní náklady Mytí menších průměrů Vypouštěcí ventil Nastavení doby mytí | Snadné naložení/vyložení Snadná montáž Odolnost vůči chemikáliím Nízká (energetická) spotřeba Kompaktní rozměry | Jednoduchá konstrukce Automatizovaný provoz Dlouhá životnost Jednoduchá obsluha Antikorozní provedení | Bezpečnost Nízká pořizovací cena Bezporuchovost Bezúdržbový provoz Rychlejší mytí Větší mycí dávka |

5 Generování konceptů

Koncept je přibližný popis technologie, tvarů a funkčních principů inovovaného výrobku. Koncept může být vytvořen pouze za pomoci tužky a papíru, kde autor kreslí svoje nápady na papír nebo na počítači ve 3D programu. První metoda je rychlá, levná a jednoduchá. Tímto způsobem mohou vzniknout primitivní skici ale i realisticky vystínované kresby. Záleží pouze na schopnostech autora, který koncept kreslí. Tato metoda se používá pro rychlé naskicování designu výrobku a ukázání principu fungování stroje.

Druhou možností jak koncept navrhnout je vytvoření 3D modelu na počítači. Oproti konceptu nakreslenému rukou trvá tvorba déle a k jeho vytvoření je zapotřebí počítač a 3D modelační program. Na 3D modelu lze vytvořit jemné detaily, je možné s ním rotovat, přibližovat a oddalovat jej, lze vyzkoušet funkčnost zvoleného řešení. Pro tvorbu tohoto typu konceptu se používají buď tzv. „objemoví modeláři“ tedy programy, které pracují s vymodelovanými prvky jako s objemovými tělesy (např. ProEngineer, Catia) nebo „plošní modeláři“, kde jsou jednotlivé modely složeny z ploch (polygonů). Mezi tyto programy patří Cinema 4D, 3DMax studio, Maya apod.



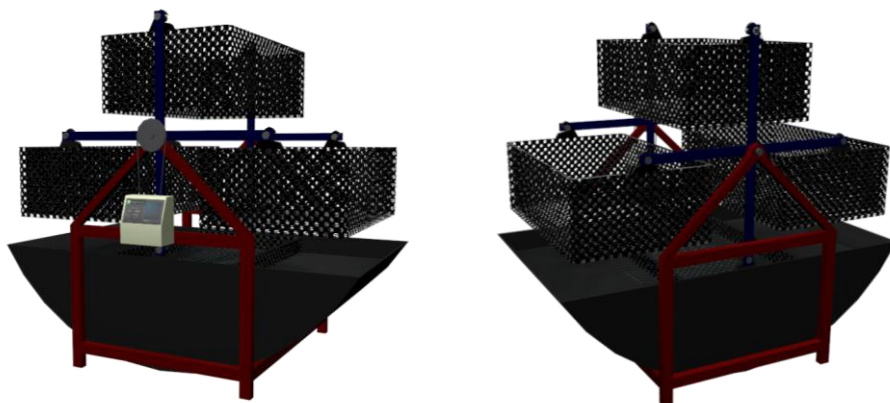
Obrázek 10 - Kreslený koncept



Obrázek 11 - Počítačový 3D koncept

Koncepty pro tuto práci byly vytvořeny v programu Cinema 4D. Tento program byl zvolen pro jeho jednoduché ovládání a možnost rychle a jednoduše vytvořit složité modely. Tímto způsobem bylo vytvořeno 6 různých konceptů, které jsou popsány v následující kapitole.

5. 1 Koncept 1- „Spin“



Obrázek 12 – Koncept 1

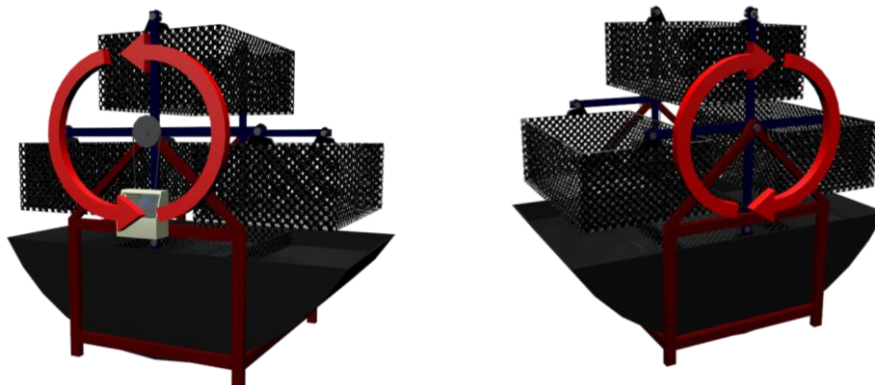
První koncept se inspiroval současnou myčkou používanou ve firmě Kalipo. Pro mytí využívá čtyři rotující koše. Nevýhodou tohoto návrhu je vyšší počet dílů sestavy a doba, kdy je zboží mimo mycí lázeň je delší než u současného řešení. Rám je ze svařované konstrukce z uzavřených profilů, které jsou ošetřeny antikorozní úpravou. Do této konstrukce je vložena plastová vana z polypropylenových desek. Na zadní stěně vany u dna jsou kohouty pro napouštění a vypouštění vody.

Na bočních nosnících rámu je v ložiskách uchycena hřídel, na kterou jsou přivařena 4 ramena po 90°. Na konci ramen jsou pomocí čepů připevněny mycí koše, které se mohou volně naklápět. Koše jsou vyrobeny z polypropylenu, stěny jsou hustě děrované kvůli dokonalému průtoku vody.

Pohon je zajištěn elektromotorem s převodovkou a přes řemen je výkon přenášen na hřídel. Elektromotor i řídicí jednotka jsou umístěny ve vodotěsné skříni, na které je i ovládací panel myčky.

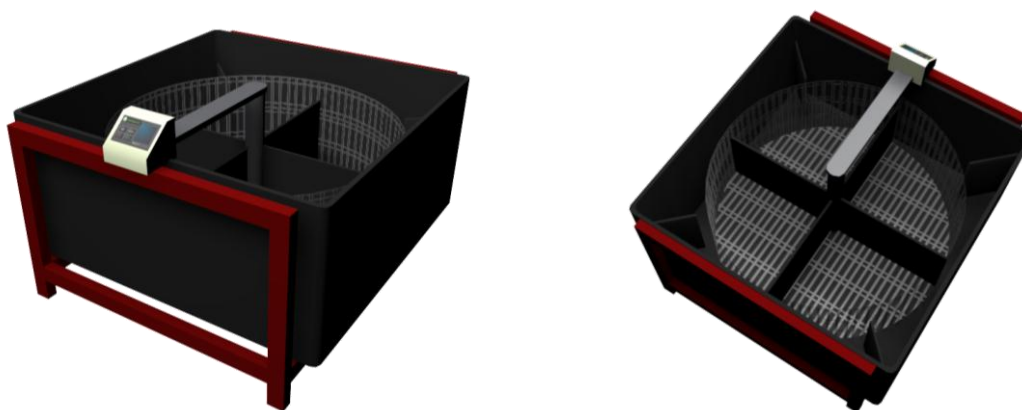
Popis činnosti myčky „Spin“

Na ovládacím panelu se řídí posun košů a jednotlivé koše tak lze nastavit do požadované polohy pro snadnější naložení a vyložení zboží operátorem. U mycího procesu je možné nastavit rychlost a dobu mytí. Když je mycí proces spuštěn, začnou koše rotovat. V dolní úvrati je koš ponořen do mycí lázně a jeho vlastním pohybem je docíleno průtoku vody přes zboží.



Obrázek 13 - Kinematika konceptu 1

5. 2 Koncept 2- „Roller“



Obrázek 14 – Koncept 2

Druhý koncept byl navržen tak, aby eliminoval dobu, kdy je zboží mimo mycí lázeň. V tomto návrhu je zboží, které se umývá, celou dobu pod hladinou. Tato myčka má rám ze svařované konstrukce z uzavřených profilů, které jsou ošetřeny antikorozií úpravou. Do této konstrukce je vložena plastová vana vyrobená svařováním z polypropylenových desek. Na zadní straně vany jsou u dna kohouty pro napouštění a vypouštění vody. Vana je v rozích opatřena deskami, které mají za úkol zamezit nežádoucímu víření vody.

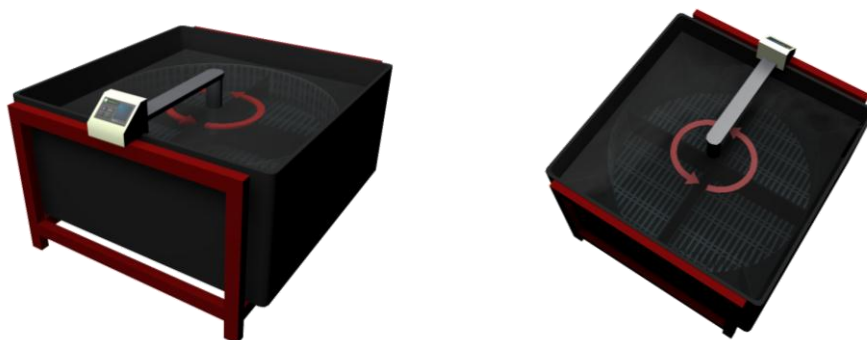
Na horní hraně rámu je připevněno rameno, na jehož konci je v ložisku uchycena hřídel. Na hřídeli je připevněn koš z nerezové oceli, který je rozdělen plastovými přepážkami na 4 sektory. Hřídel je poháněna elektromotorem, s kterým je spojena klínovým řemenem. Bezpečnost tohoto převodu je zajištěna dokonalým zakrytíváním.

Popis činnosti myčky „Roller“

Operátor naloží zboží do koše. Zaplnit by se měly vždy 2 protilehlé sektory koše přibližně stejnou vahou, aby nedocházelo k nevyváženému zatížení ložisek.

Operátor na ovládacím panelu řídí rotaci bubnu, takže si může buben natočit do požadované polohy a naložit do něj zboží. U mycího cyklu je možné nastavit rychlost mytí a dobu mytí.

Když je proces mytí spuštěn, buben se začne otáčet a uvede vodu do pohybu. Jak voda rotuje, naráží do pevně stojících desek na okraji a tím vznikají další vodní víry, které protékají okolo zboží a čistí jej.



Obrázek 15 - Kinematika konceptu2

5. 3 Koncept 3- „Lifter“



Obrázek 16 – Koncept 3

Tento koncept opět vychází ze stávající myčky a bere si z ní princip mytí a pozměňuje technologii zdvihu košů. Nevýhodou tohoto řešení je použití hydraulického okruhu. Rám této sestavy je ze svařované konstrukce z uzavřených profilů, které jsou ošetřeny antikorozií úpravou. Do rámu je vložena plastová vana vyrobená svařováním z polypropylenových desek. Na zadní stěně vany u dna jsou kohouty pro napouštění a vypouštění vody.

Na spodku vany jsou umístěny pístnice. Řídící jednotka je na přední straně myčky. Tato jednotka obsahuje ovládací panel, elektroniku a hydraulické systémy.

Uvnitř vany jsou umístěny 2 děrované koše (děrované kvůli průtoku vody), které jsou přichyceny k pístnicím a po stranách uloženy ve vedení, které jim umožňuje pohyb nahoru a dolů.

Popis činnosti myčky „Lifter“

Pomocí ovládacího panelu se řídí zdvih košů a lze je zvednout do požadované polohy pro naložení nebo vyložení zboží operátorem. Nastavit lze dobu a rychlost mytí (zdvihu). Poté, co je mycí proces spuštěn, začnou pístnice zvedat koše nahoru a dolů. Při tomto pohybu protéká skrz koše voda, která omývá zboží umístěné uvnitř.



Obrázek 17 - Kinematika konceptu 3

5. 4 Koncept 4 - „Washbox“



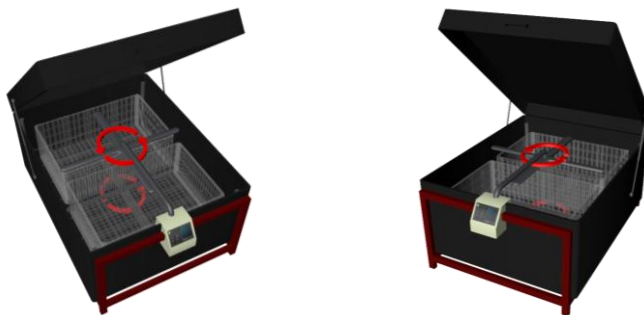
Obrázek 18 – Koncept 4

Tento koncept se inspirovuje myčkami používanými v domácnostech na mytí nádobí. Rám je ze svařované konstrukce z uzavřených profilů, které jsou ošetřeny antikorozií úpravou. Do této konstrukce je vložena dvoudílná komora vyrobená z polypropylenových desek. Na zadní stěně vany je kohout pro vypouštění vody.

Obě části mycí komory jsou vzadu spojeny panty. Po stranách jsou plynové vzpěry, které pomáhají se zvedáním víka. Dosedové plochy víka a vany jsou opatřeny těsněním pro dokonalé uzavření mycí komory. Ve vaně jsou na nerezovém roštu umístěny 2 koše na zboží. Pod roštem je vedeno potrubí, na jehož konci je umístěn otočný rotor pro rozstřík vody. Stejný rotor je vyveden nad koše, který oplachuje zboží ze shora. V rozích vany jsou trysky pro boční ostřík. Tato mycí soustava je svedena do řídicí jednotky. V ní je umístěno vodní čerpadlo, elektronika, ovládací panel a přívod vody.

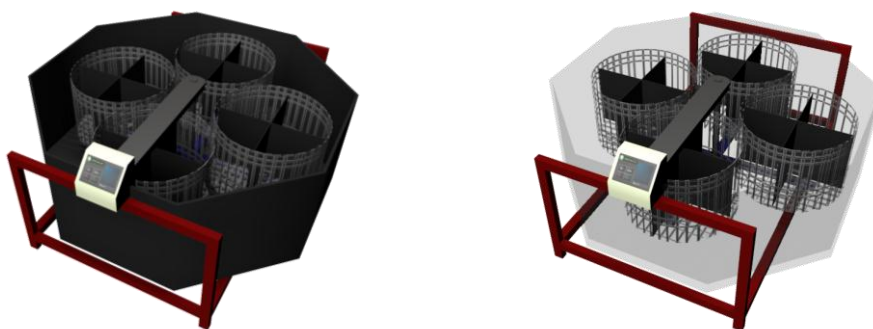
Popis činnosti myčky „Washbox“

Operátor naloží zboží do košů. Mycí proces je možné spustit až po té, co obsluha zavře víko myčky. Nastavit lze dobu mytí, tlak vody a množství vody, kterým bude zboží omýváno. Když je mycí proces spuštěn, začne se spodní i vrchní tryska otáčet (každá v jiném směru) a spustí se rozstřík vody. K nim se přidají i boční trysky, které stříkají v různých intervalech.



Obrázek 19 - Kinematika konceptu 4

5. 5 Koncept 5 - „Carousel“



Obrázek 20 – Koncept 5

Páté řešení rozvíjí více Koncept 3. Pohyb košů se u tohoto řešení skládá ze dvou protichůdných rotací.

Rám je svařované konstrukce z uzavřených profilů, které jsou ošetřeny antikorozií úpravou. Do rámu je vložena osmiúhelníková vana vyrobená z polypropylenových desek. Několik centimetrů nad dnem je ozubené kolo s vnitřním ozubením (korunové kolo).

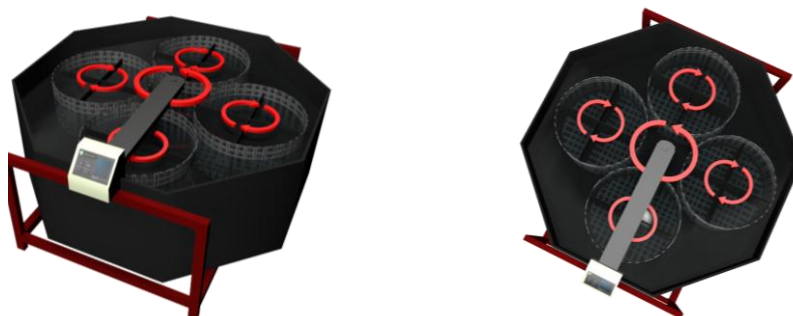
Na horní hraně rámu je šrouby připevněno rameno, na jehož konci je v ložisku uchycena hřídel. Na hřídeli jsou připevněna 4 ramena po 90° a na konci každého ramene je hřídel s ozubeným kolem s vnějším ozubením (satelit). Toto ozubené soukolí tvoří planetový převod s korunovým kolem umístěným na dně vany. Na satelitech je připevněn koš z nerezové oceli, který je rozdělen plastovými přepážkami na 4 sektory z důvodu možnosti mytí různých druhů zboží. Sestava je poháněna elektromotorem s převodovkou. Pohon je zajištěn řemenem vedoucím od převodovky ke hřídeli.

Popis činnosti myčky „Carousel“

Operátor naplní koše zbožím. Zaplnit by se měly vždy 2 protilehlé koše přibližně stejnou vahou, aby nedocházelo k nevyváženému zatížení ložisek.

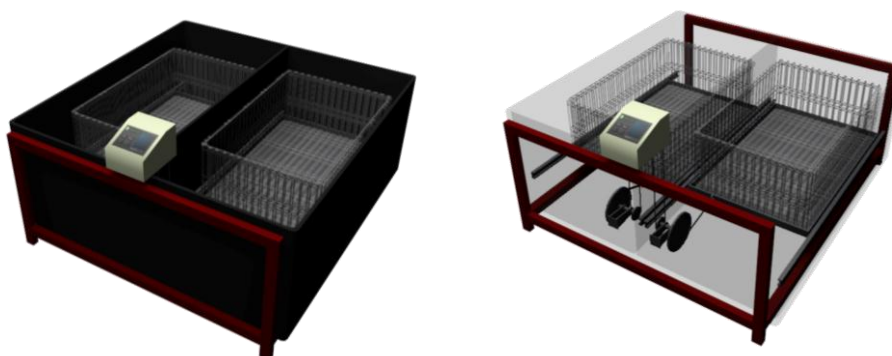
Na ovládacím panelu se nastavuje rotace košů, rychlost mytí a doba mytí. Jednotlivé koše je možné natočit do požadované polohy a naložit do nich zboží.

Poté, co je mycí proces spuštěn, začnou se koše otáčet. Každý koš rotuje okolo středové osy myčky a v protisměru okolo vlastní osy rotace. Tento dvojitý pohyb nezpůsobuje jednosměrné víření vody a dokonaleji pročišťuje zboží.



Obrázek 21 - Kinematika konceptu 5

5. 6 Koncept 6 – „Slider“



Obrázek 22 – Koncept 6

Poslední koncept pracuje s myšlenkou, že mytí bude prováděno pomocí střídavého vodorovného posuvu. Rám tohoto návrhu je ze svařované konstrukce z uzavřených profilů, které jsou ošetřeny antikorozní úpravou. Do rámu je vložena plastová vana vyrobená z polypropylenových desek. Vana je v půlce rozdělena přepážkou. Na zadní stěně vany jsou umístěny kohouty pro napouštění a vypouštění vody.

Na přední straně vany je připevněn klikový mechanismus, který je propojen s košem. Pohon klikového mechanismu je zajištěn elektromotorem s převodovkou přes klínový řemen.

Ve vaně jsou 2 koše po stranách uloženy ve vedení, které jim umožňuje pohyb vpřed a vzad.

Popis činnosti myčky „Slider“

Pomocí ovládacího panelu se řídí posun košů a lze je posunout do požadované polohy pro naložení nebo vyložení zboží operátorem. Nastavit lze dobu a rychlost mytí (posuvu).

Když je mycí proces spuštěn, začnou se koše posunovat vpřed a vzad. Při tomto posuvu a následné prudké změně směru protéká skrz koše voda, která omývá zboží umístěné uvnitř.



Obrázek 23 - Kinematika konceptu6


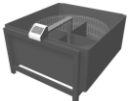
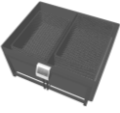

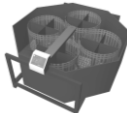
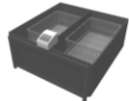
6 Výběr neoptimálnější varianty

Konečná volba inovačního konceptu výrobku je vyřazovací proces, při kterém se hodnotí jednotlivé vygenerované koncepty, provádí se jejich porovnání a výběr jednoho nebo více konceptů pro další vývoj, zlepšování a testování. K tomuto účelu byla sestavena tabulka pro hrubé rozřídění konceptů.

6. 1 Hrubé rozřídění konceptů

V níže uvedené tabulce se jednotlivé koncepty hodnotí podle několika kritérií, mezi které patří cena, doba mytí, složitost konstrukce, mycí výkon atd. Tyto hodnotící kritéria vycházejí z požadavků zákazníků. Hodnocení je provedeno přidělením bodů jednotlivým návrhům podle zvolených kritérií. Označení + znamená, že koncept splňuje výborně, 0 že splňuje dobře a – znamená, že koncept zadané parametry splňuje s obtížemi. Přidělené body se sečtou a určí se pořadí jednotlivých konceptů.

Tabulka 3 - Hrubé rozřídění konceptů

| Hodnocení | Koncept 1 Spin  | Koncept 2 Roller  | Koncept3 Lifter  | Koncept4 Washbox  | Koncept5 Carousel  | Koncept6 Slider  |
|----------------------|--|--|---|---|---|---|
| Energetická spotřeba | 0 | 0 | 0 | - | 0 | + |
| Složitost konstrukce | 0 | + | 0 | - | - | 0 |
| Doba mytí | + | 0 | - | + | + | 0 |
| Rozměry | 0 | + | + | 0 | - | 0 |
| Bezpečnost | - | 0 | 0 | + | 0 | 0 |
| Bezporuchovost | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |
| Mycí výkon | + | + | 0 | 0 | + | 0 |
| Cena | 0 | + | - | - | 0 | + |
| Montáž | + | + | + | - | + | + |
| Nakládací hrana | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Skóre | 3 | 5 | 0 | -3 | 1 | 3 |
| Pořadí | 2 | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |


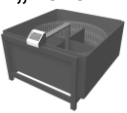
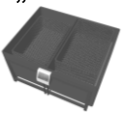

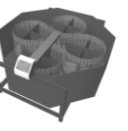

Podle hrubého rozřídění získal nejvíce bodů Koncept 2, na druhém místě se stejným počtem bodů umístily Koncepty 1 a 6.

6. 2 Detailní rozřídění konceptů

V následujícím kroku budou koncepty podrobeny detailnímu zhodnocení. Jednotlivým kritériím se určí váhy a ty po přidělení bodů rozhodnou, jakého skóre jednotlivé koncepty dosáhnou. Váhy se u jednotlivých parametrů určovaly podle osobního názoru řešitele práce a rozhovorem se zaměstnanci firmy Kalipo s.r.o.

Body byly konceptům přidělovány podle zadaných kritérií získaných z požadavků zákazníků, kde 1 bod znamená nejméně a 5 bodů nejvíce.

Tabulka 4 - Detailní hodnocení konceptů

| | | Koncept 1 „Spin“ | | Koncept 2 „Roller“ | | Koncept 3 „Lifter“ | | Koncept 4 „Washbox“ | | Koncept 5 „Carousel“ | | Koncept 6 „Slider“ | |
|----------------------|----------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|--|----------------|---|----------------|---|----------------|
| | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| Požadavky | Váha [%] | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota |
| Energetická spotřeba | 0,12 | 3 | 0,39 | 4 | 0,52 | 4 | 0,52 | 2 | 0,26 | 3 | 0,39 | 4 | 0,52 |
| Složitost konstrukce | 0,10 | 3 | 0,3 | 5 | 0,5 | 4 | 0,4 | 1 | 0,1 | 3 | 0,3 | 4 | 0,4 |
| Doba mytí | 0,10 | 5 | 0,5 | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 |
| Rozměry | 0,09 | 3 | 0,27 | 4 | 0,36 | 4 | 0,36 | 3 | 0,27 | 2 | 0,18 | 4 | 0,36 |
| Bezpečnost | 0,10 | 3 | 0,3 | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 | 5 | 0,5 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 |
| Bezporuchovost | 0,10 | 3 | 0,3 | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 | 2 | 0,2 | 3 | 0,3 | 4 | 0,4 |
| Mycí výkon | 0,12 | 4 | 0,48 | 4 | 0,48 | 2 | 0,24 | 3 | 0,36 | 4 | 0,48 | 2 | 0,24 |
| Cena | 0,13 | 3 | 0,39 | 4 | 0,52 | 3 | 0,39 | 1 | 0,13 | 3 | 0,36 | 3 | 0,39 |
| Montáž | 0,05 | 5 | 0,25 | 5 | 0,25 | 4 | 0,2 | 2 | 0,10 | 5 | 0,25 | 5 | 0,25 |
| Nakládací hrana | 0,09 | 4 | 0,36 | 3 | 0,27 | 3 | 0,27 | 3 | 0,27 | 3 | 0,27 | 3 | 0,27 |
| Skóre | | | 3,54 | | 4,1 | | 3,28 | | 2,59 | | 3,33 | | 3,53 |
| Pořadí | | | 2 | | 1 | | 5 | | 6 | | 4 | | 3 |
| Další postup | | | Kontrola DFX | | Kontrola DFX | | ne | | ne | | ne | | ne |

Dle detailního hodnocení dosáhl nejvyššího bodového skóre Koncept 1 a 2. Tyto dva koncepty budou dále zhodnoceny pomocí metod DFX a vybere se vítězný koncept.

7 Zhodnocení konceptů metodami DFX

Součástí inovačního procesu jsou metody pro detailní konstruování, jejichž rozhodující část tvoří metody typu DFX (Design for X), kde X označuje oblast působení metod. Jako příklad lze uvést Design For Manufacturing, Assembly, Transport. Cílem metod DFX je vytvoření nejefektivnějšího modelu popisujícího reálný produkční proces.

Metody typu DFX řeší vztah navrhovaných strojních celků s ohledem na jednoduchost, snadnost a rychlost výroby, montáže, demontáže, udržování apod. [1]

Podle metody DFX budou hodnoceny Koncepty 1 a 2, které se podle hrubého a detailního hodnocení umístily na nejvyšších místech, viz předchozí kapitola.

7.1 Design For Assembly

Montáž výrobku je organizačně složitý a nákladný proces. K jeho zvládnutí je výhodné použít metodu DFA (Design For Assembly) pro navrhování součástí s ohledem na jejich montáž. To znamená zkonstruovat výrobek tak, že jeho montážní a výrobní náklady musejí dosáhnout minima.

Montážní náklady jsou finanční vyjádření všech manuálních, strojních a organizačních nákladů a hodnota všech potřebných energií a pomocných látek nutných k montáži výrobku nebo konstrukčního celku.

Ke zhodnocení vybraných konceptů pomocí metody DFA byla použita metoda firmy LUCAS. Při této metodě se nejdříve provede klasifikace dílů sestavy a ty se rozdělí do dvou kategorií:

- Kategorie „A“ podstatné díly v sestavě z hlediska funkce výrobku.
- Kategorie „B“ díly nepodstatné, ale nezbytně nutné ke kompletaci současného návrhu výrobku.

Efektivnost vzniku sestavy je potom vyjádřena poměrem dílů „A“ k součtu všech dílů v sestavě. [1]

Tabulka 5 - Koeficienty pro pomocné montážní operace

| | |
|------------|--|
| 1,0 | Vložení dílu bez orientace nebo deformace |
| 1,1 | Orientace dílu v jedné ose |
| 1,2 | Orientace dílu v jedné ose s rozlišením čela |
| 1,3 | Orientace matice |
| 1,4 | Orientace těsnících prvků |
| 1,5 | Orientace šroubu |
| 1,6 | Orientace v jedné ose a jedné rovině |
| 1,7 | Orientace ve dvou rovinách a určení polohy |
| 2,0 | Stlačení pružiny |

Tabulka 6 - Hodnoty spojovacích montážních operací

| | |
|------------|--|
| 1,0 | Vložení |
| 1,5 | Vložení s umístěním |
| 1,7 | Vložení s přesným umístěním |
| 2,0 | Nasazení |
| 2,2 | Umístění většího dílu |
| 2,5 | Nasazení nebo vložení s přidržením |
| 2,7 | Nasazení nebo vložení s přidržením v méně přístupném místě |
| 3,0 | Nasazení nebo vložení s použitím náradí |
| 4,0 | Utahování šroubu nebo matice |

7. 1. 1 Zhodnocení složitosti montáže Konceptu 1

V následující tabulce je zhodnocena složitost montáže Konceptu 1.

Tabulka 7 - Zhodnocení složitosti montáže Konceptu 1

| Název dílu | Funkční rozdělení | Montážní operace | Spojovací operace |
|---------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Rám myčky | 1xA | 1x1,2 | 1x2,2 |
| Vana | 1xA | 1x1,1 | 1x2,2 |
| Hřídel | 1xA | 1x1,2 | 1x2,2 |
| Domeček ložiska | 2xB | 2x1,2 | 2x1,5 |
| Pero | 2xA | 2x1,1 | 2x1,5 |
| Ložisko | 2xA | 2x1,2 | 2x2,0 |
| Těsnění | 2xA | 2x1,4 | 2x2,0 |
| Elektromotor | 1xA | 1x1,6 | 1x2,2 |
| Převodovka | 1xA | 1x1,7 | 1x2,2 |
| Frekvenční měnič | 1xB | 1x1,6 | 1x2,2 |
| Řemen | 1xB | 1x1,7 | 1x2,5 |
| Řemenové kolo | 2xB | 2x1,2 | 2x2,0 |
| Čep | 8xB | 8x1,2 | 8x1,5 |
| kabeláž | 1xA | 1x1,1 | 1x1,5 |
| Šroub M12 | 26xB | 28x1,5 | 28x4,0 |
| Matice M12 | 26xB | 28x1,3 | 28x4,0 |
| Mycí koše | 4xA | 4x1,2 | 4x2,2 |
| Ramena košů | 2xA | 8x1,2 | 8x2,5 |
| Suma | D=86 | M=125.8 | S=293 |
| Efektivnost sestavy | | $\Sigma A/D$ | 24,4% |
| Poměr pomocných operací | | $M/\Sigma A$ | 6,68 |
| Poměr spojovacích operací | | $S/\Sigma A$ | 15,5 |

7. 1. 2 Zhodnocení složitosti montáže Konceptu 2

Tabulka 8 ukazuje hodnocení složitosti montáže Konceptu 2.

Tabulka 8 - Zhodnocení složitosti montáže Konceptu 2

| Název dílu | Funkční rozdělení | Montážní operace | Spojovací operace |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| Rám myčky | 1xA | 1x1,2 | 1x2,2 |
| Vrchní nosník | 1xA | 1x1,1 | 1x1,5 |
| Vana | 1xA | 1x1,1 | 1x2,2 |
| Hřídel | 1xA | 1x1,2 | 1x2,2 |
| Domeček ložiska | 2xB | 2x1,2 | 2x1,5 |
| Pero | 2xA | 2x1,1 | 2x1,5 |
| Ložisko | 2xA | 2x1,2 | 2x2,0 |
| Těsnění | 2xA | 2x1,4 | 2x2,0 |
| Elektromotor | 1xA | 1x1,6 | 1x2,2 |
| Převodovka | 1xA | 1x1,7 | 1x2,2 |
| Frekvenční měnič | 1xB | 1x1,6 | 1x2,2 |
| kabeláž | 1xA | 1x1,1 | 1x1,5 |
| Šroub M12 | 20xB | 20x1,5 | 20x4,0 |
| Matice M12 | 20xB | 20x1,3 | 20x4,0 |
| Šroub M16 | 1xB | 1x1,5 | 1x4,0 |
| Matice M16 | 1xB | 1x1,3 | 1x4,0 |
| Mycí koš | 1xA | 1x1,2 | 1x2,2 |
| Suma | D=59 | M=79 | S=200,4 |
| Efektivnost sestavy | | $\Sigma A / \Sigma D$ | 40,6% |
| Poměr pomocných operací | | $\Sigma M / \Sigma A$ | 3,34 |
| Poměr spojovacích operací | | $\Sigma S / \Sigma A$ | 8,41 |

V hodnocení náročnosti montáže vychází lépe Koncept 2, který má lepší efektivnost sestavy a tím i jednodušší montáž.

7. 2 Design for Manufactory

DFM – Design for Manufacturing (návrh výrobku se snadnou výrobou) znamená konstruovat výrobky tak, aby se snížil počet dílů výrobku nebo se zjednodušila výroba výrobku a tím se snížily náklady. Tento postup vede k jednodušším a spolehlivějším výrobkům, jejichž výroba a montáž jsou levnější.

Mezi základní principy DFM patří jednoduchost, standardní materiály a komponenty a standardizovaná konstrukce výrobku. **Jednoduchost** znamená navrhnout výrobek s malým počtem jednoduchých dílů s krátkou výrobní sekvencí, který bude cenově výhodný a takový výrobek má i snadný servis. Dále je vhodné používat **standardní materiály a komponenty** se širokým uplatněním, standardní polotovary snadno objednatelné, s krátkými časovými termíny dodání. Pokud se vyrábí několik druhů (typů) výrobků je vhodné v **standardizovaném návrhu konstrukce** těchto výrobků použít pro různé typové řady výrobků stejné komponenty, čímž lze ušetřit na nákladech na měření a testování dílů ve výrobě. [1]

Z hlediska DFM jsou na tom oba porovnávané koncepty téměř stejně. Obě sestavy jsou z podobných nebo stejných součástí a materiálů. U obou je použit totožný motor s převodovkou, rámy jsou z identických profilů a mycí vany jsou také ze stejných materiálů. U Konceptu 1 „Spin“ má vana složitější tvar a je použito více mycích košů, které je třeba vyrobit. Z těchto důvodů je jednodušší na výrobu Koncept 2 „Roller“.

7. 3 Design for Disassembly

Metoda DFD (Design for Disassembly) je zaměřená na to, aby se na konci životního cyklu mohly díly snadno demontovat, separovat a dále zpracovávat resp. recyklovat. DFD je proto podmnožinou metody DFE (Design for Environment) – návrh výrobku s ohledem na životní prostředí. [1]

Hlavní díly u obou sestav jsou spojeny pomocí šroubů a lze je od sebe oddělit a vyměnit za nový (jiný) díl (motor, převodovka, hřídel), popřípadě může být tento díl použit v jiné sestavě. Demontáž je u obou vybraných konceptů stejně obtížná.

7. 4 Design for Environment

DFE (Design for Environment) klade důraz na dosažení minimálního negativního dopadu výrobku na životní prostředí z hlediska jeho celého životního cyklu. Řeší se ekologická výroba, ekologické balení, odvoz a recyklace, jestli jsou při výrobě použity

netoxické procesy a materiály. Minimalizuje se výrobní odpad a spotřeba materiálů, snižuje se vznik emisí a toxicity. Je snaha o nejlepší recyklaci výrobku na konci jeho životnosti.

Klíčové díly obou sestav jsou navrženy tak, aby se daly k rámu přišroubovat. Na montáž není potřeba použít lepidlo ani jiné škodlivé látky. Z toho vyplývá, že se jednotlivé díly snadno demontují a recyklují. Vana u obou návrhů se skládá z desek, na jejichž výrobu lze použít recyklovaný plast.

7. 5 FMEA

FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis* neboli analýza možného výskytu a následku vad. Jedná se o analytickou metodu, která má za úkol nalézt místa možného vzniku vad ve výrobě (montáži).

Tato metoda se hodně využívá ve výrobě a to díky tomu, že její výsledky lze jednoduše zavést jako standard pro ostatní výrobky. Dále odhaluje rizika v rané fázi plánování, tj. spoří čas investice do vývoje produktu a procesu. Pomocí této metody lze důkladně zdokumentovat výrobní postup daného výrobku.

Analýza FMEA bude provedena na Konceptu 2, její tabulka je umístěna v příloze.

8 Vybraný koncept

Podle hrubého a detailního hodnocení byly nejlépe ohodnoceny Koncepty 1 a 2. Tyto dva koncepty byly následně přezkoumány pomocí metod DFX. Po zhodnocení metodami DFX vyšel jako nejlepší Koncept 2 „Roller“ a bude dále rozpracován do konstrukčního řešení.

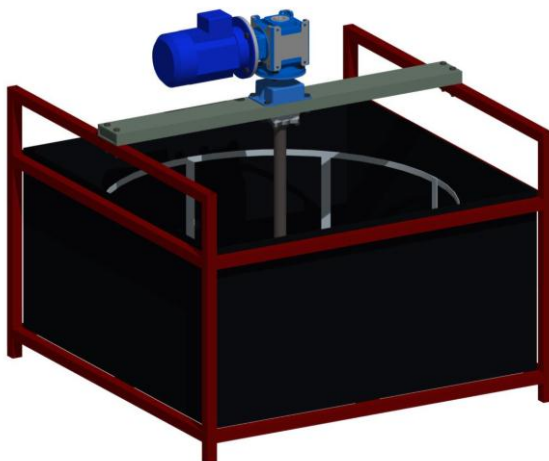


Obrázek 24 - Vybraný koncept

8. 1 Konstrukční řešení zvolené varianty

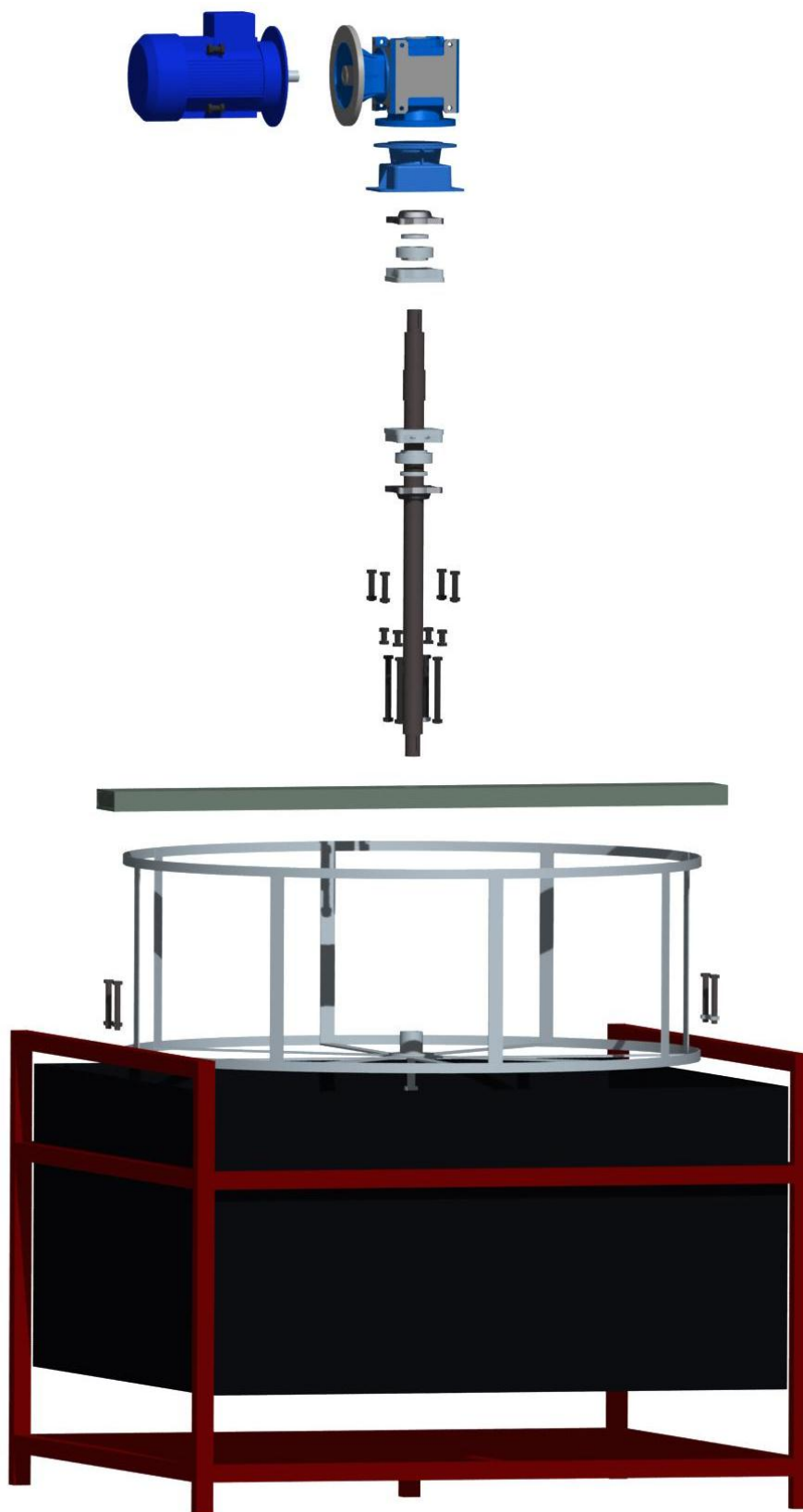
Pro konstrukční řešení byl zvolen program Pro/Engineer, který patří mezi CAD systém nejvyšší úrovně společně s Catii a SolidWorksem. ProEngineer je založen na parametrickém objemovém modelování pomocí konstrukčních prvků. Tento program patří do ucelené řady softwarových nástrojů pro souběžný vývoj od fáze návrhu průmyslového designu, přes koncepční návrh, detailní konstrukci, tvorbu výrobní dokumentace s možností výstupů ve standardech WWW, analýzu a optimalizaci, NC obrábění a finální kontrolu. Provázanou produktovou řadu CAD/CAM/CAE technologií doplňuje otevřený PDM systém, aplikace pro vizualizaci dat Division a největší knihovna 3D součástí dostupná na Internetu - InPART.

Jedinečnou vlastností Pro/Engineeru je úplná provázanost celého vývojového cyklus a velmi těsná integrace všech produktů. Ačkoliv je nejvhodnější používat uvedené produkty současně a získat tím nejvíce výhod, je možné jednotlivá řešení v oblastech CAD, CAE, CAM nebo PDM používat i samostatně. [2]



Obrázek 25 - Render zvolené sestavy v ProEngineeru

8. 1. 1 Rozpadové schéma sestavy



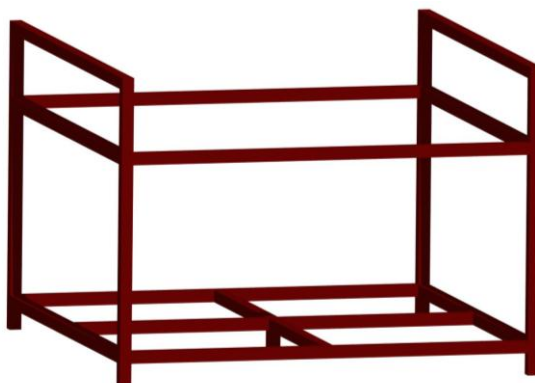
Obrázek 26 - Rozložená sestava

8. 2 Rozpracování vybraného konceptu

Následující kapitoly se zaměřují na popis a konstrukci jednotlivých dílů sestavy.

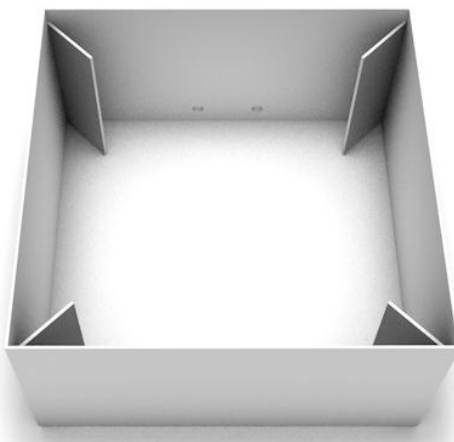
8. 2. 1 Rám a vana myčky

Rám myčky je svařen z uzavřených čtvercových profilů (jäcklů) o rozměru 35x3, které jsou vyrobeny z oceli 11375. Tyto profily byly vybrány kvůli nízkým pořizovacím nákladům a velmi dobré svařitelnosti. Protože je rám umístěn ve vlhkém prostředí (při mytí se voda vypařuje a stříká okolo) je jeho povrch ošetřen antikoročním nátěrem, který zabrání korozi konstrukce. Na spodek rámu je přidána podpěra snižující napětí na střed rámu způsobené zatížením od vany s vodou. Otevřené konce profilů jsou uzavřeny plastovou ucpávkou, aby se zabránilo vniknutí vody do konstrukce.



Obrázek 27 - Rám myčky

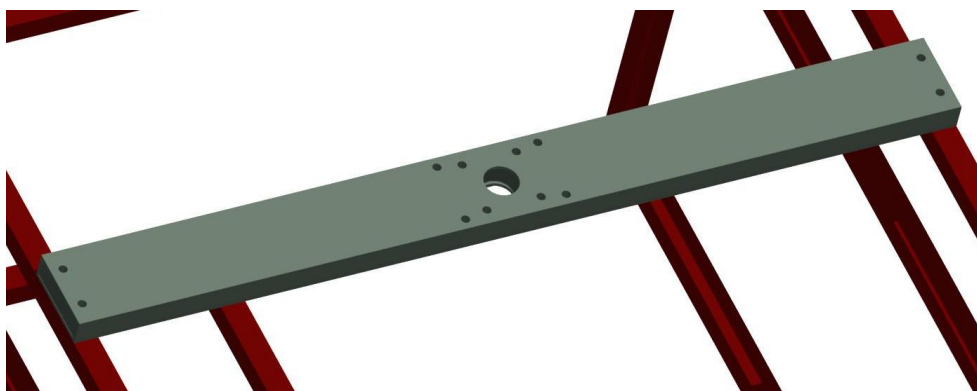
Vana myčky je složena z polyuretanových desek, které jsou k sobě svařeny. Tím vzniknou pevné a nepropustné spoje. Polyuretanové desky byly zvoleny pro jejich nízkou cenu, snadné zpracování a schopnosti odolávat přípravkům používaným při mytí. Na zadní straně myčky jsou příruby pro napouštěcí a vypouštěcí ventily. Vypouštěcí ventil je osazen filtrem o propustnosti 1 mm.



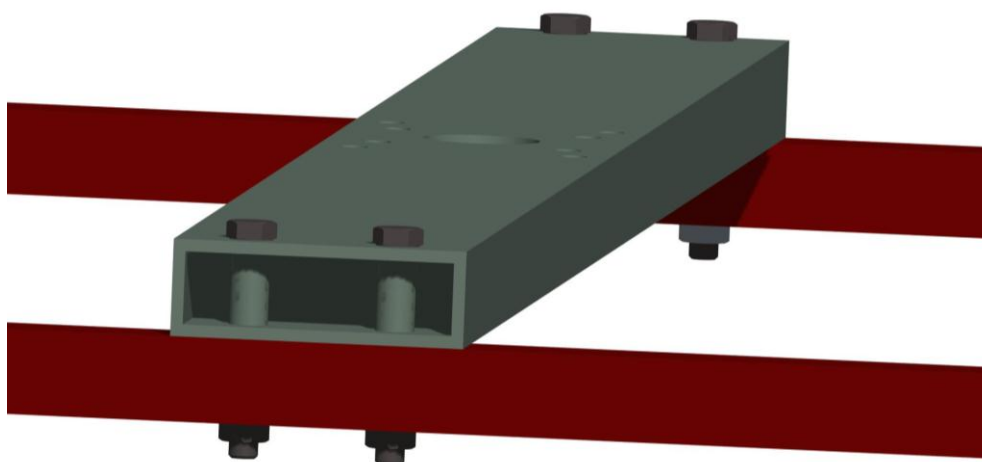
Obrázek 28 - Vana myčky

8. 2. 2 Vrchní nosník

Vrchní nosník je tvořen uzavřeným obdélníkovým profilem o rozměrech 120x40x4, který je z oceli 11 375. Jeho úkolem je přenášet zatížení způsobené motorem, převodovkou a košem se zbožím na rám. Po stranách jsou otvory pro uchycení k rámu myčky. Uprostřed je velký otvor, kterým prochází hřídel. Tento otvor je obvodově uzavřen návarovou vložkou. Na otvory blíže ke středu se pomocí šroubů připevní „domeček“ ložiska. Na otvory dál od středu se šrouby připevní příruba motoru. Všechny otvory jsou vyvložkovány návarovými vložkami o tloušťce stěny 2 mm.



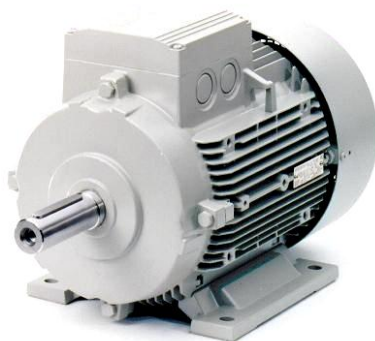
Obrázek 29 - Vrchní nosník



Obrázek 30 - Uchycení nosníku na rám

8. 2. 3 Elektromotor

Pro pohon myčky byl zvolen asynchronní elektromotor SIEMENS 1LA7. Tyto trojfázové asynchronní motory se běžně používají k pohonu průmyslových zařízení, např. ventilátorů, čerpadel, obráběcích strojů, lisů apod. Tento motor byl vybrán, protože ho lze pořídit ve velkém rozsahu výkonů, má nízkou pořizovací cenu, jednoduchou konstrukci a možnost regulace otáček.



Obrázek 31 - Asynchronní elektromotor

Konstrukce asynchronního motoru se obecně skládá ze dvou hlavních částí, mezi které patří stator a rotor.

Stator (pevná část) je u většiny typů prakticky stejný. Je složen z nosné kostry motoru, svazku statorových plechů a statorového vinutí.

Rotor (pohyblivá část) je hřídel s nalisovanými rotorovými (elektrotechnickými) plechy s drážkami, do kterých se vkládají měděné tyče, které jsou na obou stranách spojeny mosaznými kruhy. Takto upravený rotor se nazývá kotva nakrátko nebo kotva klecová. **Kotva nakrátko** znamená, že v drážkách rotoru jsou nalisovány neizolované měděné, mosazné nebo hliníkové tyče, které jsou na obou koncích spojeny zkratovacími kroužky. Tyče spolu s kroužky mají podobu klece (klecový rotor). U **kroužkové kotvy** jsou na hřídeli kromě svazku rotorových plechů i sběrné kroužky. V drážkách plechů je uloženo trojfázové vinutí rotoru z izolovaných vodičů, které je většinou zapojeno do hvězdy, zřídka do trojúhelníka. Na tři sběrací kroužky je připojeno vinutí rotoru, ke kterým lze připojit činné odpory sloužící k rozběhu motoru.

Regulace otáček

Otáčky jsou dány skluzem s , kmitočtem napájecího napětí f_1 , a počtem pólů p_p . Regulovat je lze změnou kterékoliv z těchto veličin. Vzorec pro výpočet **otáček rotoru** vypadá následovně.

$$n = n_1(1 - s) = \frac{f_1}{p_p}(1 - s) \quad (1)$$

Regulace změnou skluzu se rozumí, změní-li se výkon, který se spotřebovává v rotoru, změní se i skluz. Toto řešení lze použít pouze pro motor s kroužkovou kotvou. Zařazením **regulačního odporu** do obvodu rotoru se část skluzového výkonu přemění na teplo. Je to nevhodný způsob změny skluzu. **Podsynchronní kaskádou** se část skluzového výkonu vrací zpět do sítě. Jde o hospodárnější způsob snížení skluzu. Kmitočet rotorových proudů je odlišný od kmitočtu sítě, před navrácením výkonu do sítě se musí použít měnič kmitočtu. **Regulace změnou kmitočtu** se používá u motorů s kotvou nakrátko. Připojením měniče kmitočtu se řídí napětí a tím vytvářené magnetické pole statoru. **Skalárním řízením** lze nastavovat velikost magnetického toku. Používá se u motorů s malými nároky na dynamické vlastnosti (čerpadla, ventilátory). Kromě velikosti magnetického toku lze nastavovat i jeho směr, tzv. **vektorové řízení**, čímž se docílí plynulé změny otáček při jakémkoliv režimu práce a zatížení. Jde o nejdokonalější způsob řízení otáček a lze jím docílit i otáček nadsynchronních. **Změnou počtu pólů** lze dosáhnout pouze skokové změny otáček, protože počet pólových dvojic musí být celé číslo. **Regulace změnou napětí** je založena na změně tvaru momentové charakteristiky se změnou napětí s následným posunutím pracovního bodu.

Technické parametry elektromotoru SIEMENS řady 1LA7

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Velikost: | 56M - 160L |
| Rozsah výkonů: | 0,06 - 18,5 kW |
| Počet pólů: | 2, 4, 6, 8 |
| Jmenovité napětí do 3 kW: | 230VD / 400VY, 50Hz // 460VY, |
| Jmenovité napětí nad 3kW: | 400VD / 690VY, 50Hz // 460VD, |
| Frekvence: | 50 / 60 Hz |

8. 2. 4 Převodovka

Vzhledem k tomu, že otáčky koše jsou mezi 20 a 30 ot./min. a výstupní otáčky motoru jsou 650 ot./min., je třeba tyto otáčky redukovat. Proto je k motoru připojena pravoúhlá převodovka řady RC od firmy TRAMEC.



Obrázek 32 - Ukázka pravoúhlých převodovek



Obrázek 33 - Elektromotor s převodovkou

Pravoúhlé převodovky řady RC se používají v široké škále aplikací. Od jednoduchých až po náročné provozy kamenolomů, hutí, sléváren a dřevozpracujících technologií, kde je potřeba kvalitně přenášet krouticí moment pod úhlem 90°. Skříně jsou vyráběny ze strojní litiny. Převodovky řady RC jsou navrženy pro přímé spojení s elektromotorem. K dispozici jsou tři varianty výstupních hřídelí. Dutou, plnou jednostrannou nebo plnou oboustrannou variantou.

Převody jsou vestavěny v kalených a cementovaných uloženích. Hlavní převod je tvořen dvěma ozubenými kuželovými koly s ozubením typu GLEASON. Skříně jsou standardně dodávány s kuželíkovými ložisky na vstupní straně pro vyšší axiální únosnost a vitonovými guferý pro jejich lepší tepelnou odolnost proti přehřátí.

Technické parametry převodovek řady RC

| | |
|---------------------------|--------------------------------|
| Převodový poměr: | $i = 1 - 9,85$ |
| Výstupní krouticí moment: | $T_{2M} = 35 - 763 \text{ Nm}$ |
| Vstupní výkon: | $P = 0,12 - 90 \text{ kW}$ |

8. 2. 5 Frekvenční měnič SKB3400110-CC

Protože je potřeba otáčky plynule měnit v závislosti na zvoleném programu mytí, je elektromotor řízen pomocí frekvenčního měniče, který umožňuje přesné nastavení počtu otáček (regulace změnou kmitočtu). Pro tento úkol byl zvolen frekvenční měnič SKBD3400110-CC.



Obrázek 34 - Frekvenční měnič

Zvolený frekvenční měnič má velmi dobrý poměr cena/výkon. Je vybaven programovatelnou vnitřní logikou včetně komparátorů a jiných funkcí, disponuje programovatelným PID regulátorem, obsahuje dostatek analogových a digitálních vstupů/výstupů pro většinu aplikací. Jeho PLC funkčnost lze dále rozšířit modulem LogicStick. Vhodný je pro třífázové asynchronní motory do jmenovitého napětí 3 x 230 V.



Obrázek 35 - Modul LogicStick

Zásuvný programovatelný modul, který slouží k rozšíření funkčnosti PLC. Zdarma dodávaný software SyPTLite nabízí prostřednictvím reléové logiky vytvořit jednoduchou aplikaci bez nutnosti použití dodatečných zařízení.

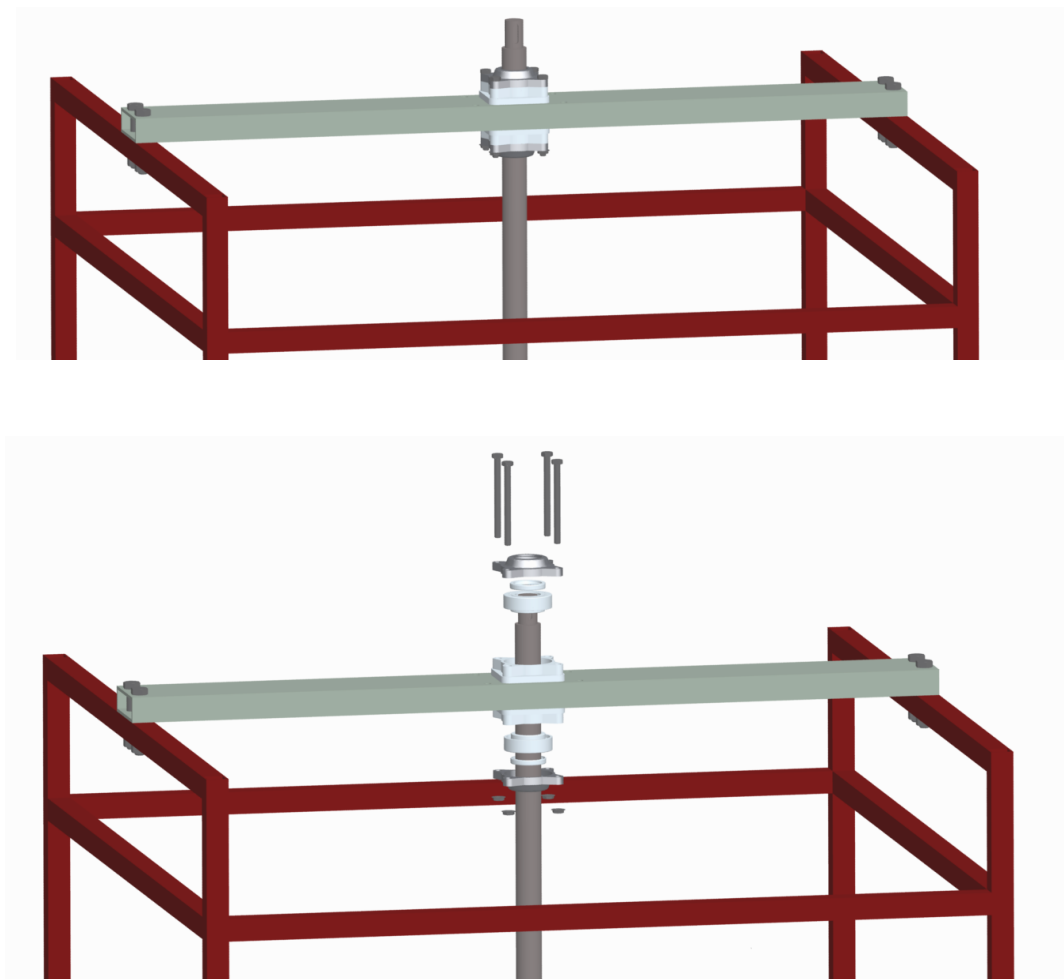
Technické parametry

| | |
|----------------------------------|----------------------|
| Jmenovité vstupní napětí: | 1 x 230 V |
| Jmenovitý trvalý výstupní proud: | 5,2 A |
| Jmenovitý výkon: | 1,1 kW |
| Rozměry: | š 85 x v 190 x h 156 |

8. 2. 6 Návrh hřídele

Hřídel myčky je vyrobena z nerezové oceli 1.4021 (X20Cr13). Výkon se přenáší pomocí pera na hřídeli a to jak z motoru na hřídel tak z hřídele na koš. Pero bylo zvoleno 8x10 o délce 32 mm. Hřídel je letmo uložena v ložiskách. Ložiska jsou umístěna v ložiskových jednotkách, „domečcích“ a ty jsou šrouby uchyceny na vrchním nosníku. Uložení v „domečcích“ se díky svým specifickým vlastnostem velmi často používá v zemědělství, strojírenství, textilním průmyslu, v dopravníkových systémech, ventilátorech, stejně jako v potravinářském průmyslu a v balicích linkách.

Toto řešení bylo zvoleno díky jeho jednoduchosti a hospodárnosti. Proto nosník, ke kterému jsou ložiska uchycena, nemusí být nijak zvlášť upraven pro jejich montáž a bylo možné použít obyčejný obdélníkový profil.

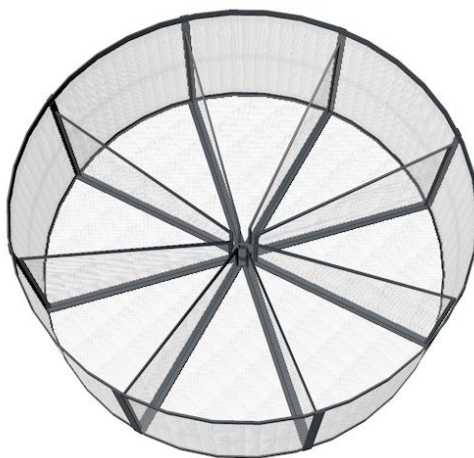


Obrázek 36 - Uložení hřídele

Aby ložiska nebyla poškozována vodou a nesnížila se tak jejich životnost, jsou použita ložiska oboustranně zakrytá. Taktéž domečky okolo hřídele jsou utěsněny a to pryžovým těsněním (guferem).

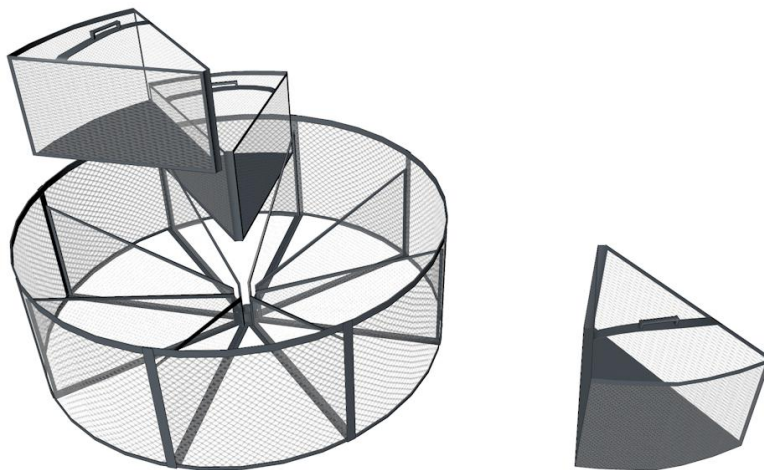
8. 2. 7 Mycí koš

Mycí koš se skládá z nerezových ocelových pásů. Vlastní výplň košů je z jemně děrovaného tahokovu, který umožní dokonalé protékání vody a zamezí propadávání zboží ven z koše. Plochu koše je možno rozdělit až do 8 sektorů, kde zatížení jednoho sektoru je maximálně 14 kg. Tímto rozdělením lze mýt 8 různých druhů zboží najednou. Pokud jsou zaplněny pouze některé sektory, mělo by tak být učiněno symetricky – vždy dva protilehlé sektory stejně, aby nedošlo k příliš velké nevyváženosti koše.



Obrázek 37 - Mycí koš

Do jednotlivých sektorů pasují výměnné boxy, které slouží k lepší manipulaci a rychlejší výměně zboží. Tyto boxy jsou stejně jako koš vyrobeny z nerezové oceli a potaženy jemnou síťovinou.



Obrázek 38 - Mycí koš s výměnnými boxy

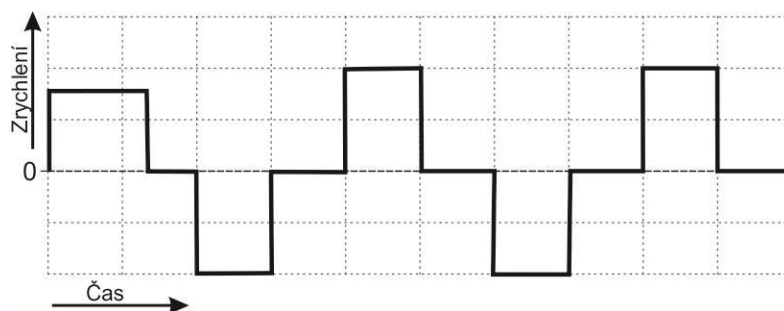
Ve středu koše je příruba s drážkou pro pero. Přes pero se přenáší krouticí moment z hřídele na koš. Příruba koše je nasunuta na hřídel a zespodu zajištěna šroubem proti vysunutí. Na tento šroub působí celá váha koše i se zbožím.

8. 3 Princip mytí

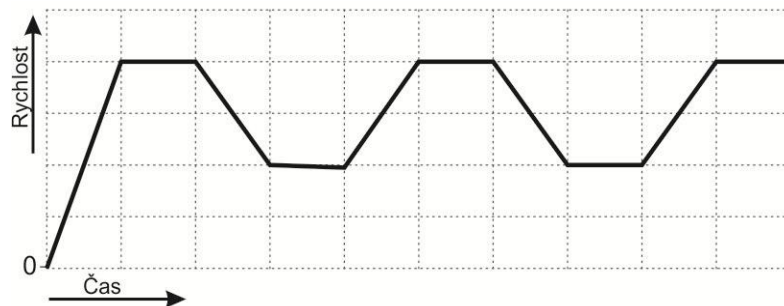
Myčka pro mytí využívá rotačního pohybu mycího koše. Zboží se naloží do koše a ten se po spuštění mycího cyklu roztočí. Voda začne protékat skrz zboží a mýt jej. Pokud by se buben točil stále stejnou rychlostí, došlo by k tomu, že voda se začne točit stejně rychle jako koš se zbožím. Účinnost mytí by se tak razantně snížila.

Aby se tomuto efektu předešlo, je motor buzen frekvenčním měničem, ve kterém je nahrán řídicí program. Tento program postupně mění rychlost otáčení koše, který v daných intervalech zrychluje a zpomaluje. Tím se zamezí tomu, aby měla voda i buben stále stejné otáčky.

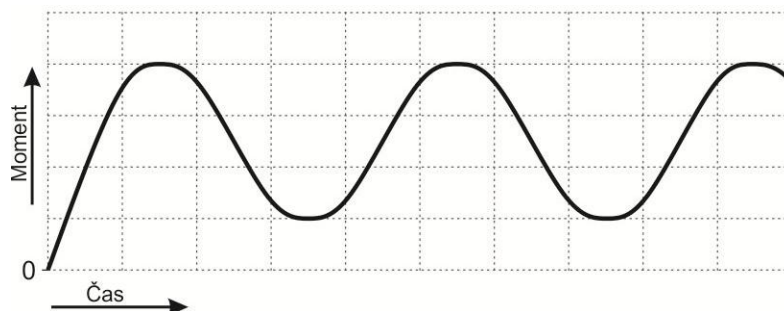
K ještě dokonalejšímu narušení pohybu rotující se vody jsou ve všech rozích vany vloženy desky, které zabráňují obvodovému proudění vody způsobené rotací koše.



Obrázek 39 - Průběh zrychlení v čase



Obrázek 40 - Průběh rychlosti v čase



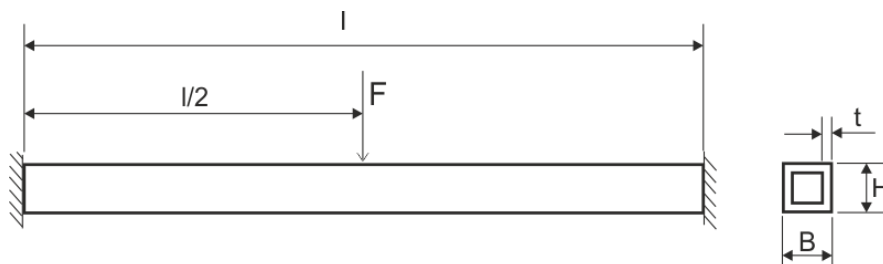
Obrázek 41 - Průběh krouticího momentu

9 Pevnostní analýza

V této kapitole bude provedena pevnostní analýza pro vybrané díly sestavy a to výpočtem a pomocí metody konečných prvků.

9. 1 Výpočet rámu

Nosník rámu je uprostřed zatížen silou 750N, jeho rozměry jsou $B \times H \times t \times l$ (35x35x3x1200) a je z oceli 11375 $R_m=450$ MPa, $R_e=250$ MPa.



Obrázek 42 - Zatížení nosníku

Napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{750 \cdot 600}{3777,82} = 119,12 \text{ MPa} \quad (2)$$

Průřezový modul

$$W_o = \frac{2J_x}{H} = \frac{132223,83}{35} = 3777,82 \text{ mm}^3 \quad (3)$$

Moment setrvačnosti

$$J_x = \frac{BH^3}{12} - \left(\frac{(B-2t)(H-2t)^3}{12} \right) = \frac{35 \cdot 35^3}{12} - \left(\frac{(35-6)(35-6)^3}{12} \right) = 66111,92 \text{ mm}^4 \quad (4)$$

Bezpečnost

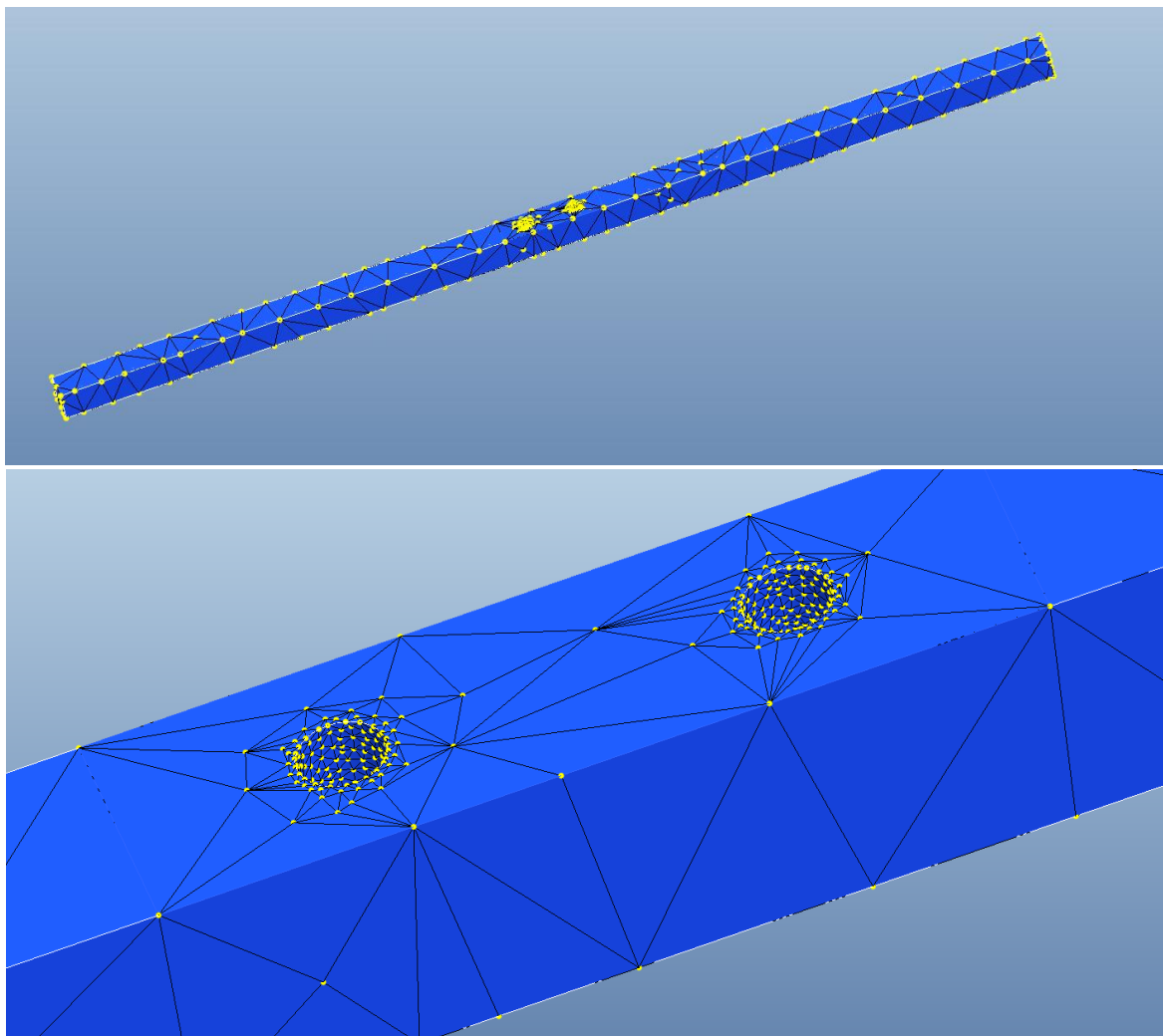
$$k = \frac{\delta_{mez}}{\delta_o} = \frac{0,7 \cdot 375}{94,51} = 2,2 \quad (5)$$

Řešení pomocí MKP (metody konečných prvků)

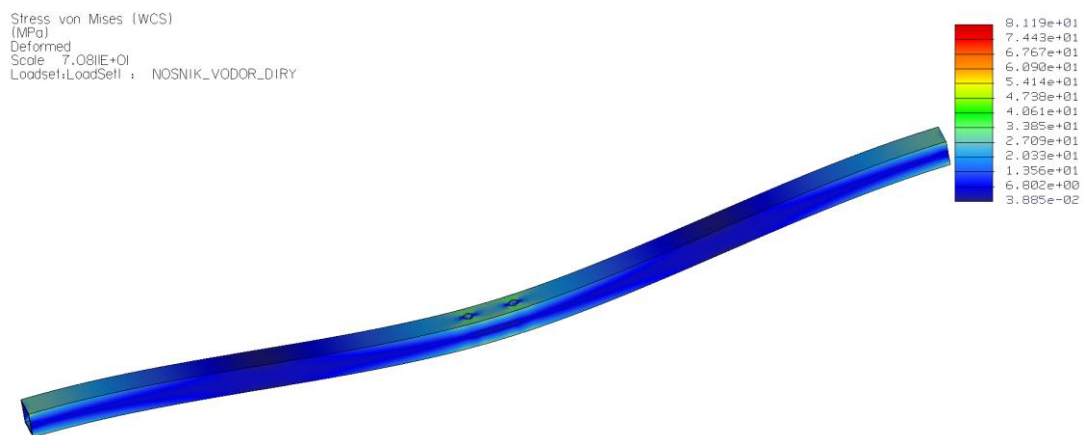
Kontrola rámu byla provedena pomocí metody konečných prvků. K tomuto účelu byl použit modul Pro/Mechanica Structure, který je součástí programu ProEngineer.

Pro/Mechanica umožňuje napěťové analýzy, které zahrnují modelování napětí a tvarovou a rozměrovou optimalizaci jak jednotlivých součástí, tak celých sestav. Tento program poskytuje nástroje ke statické, modální a vibrační analýze, umožňuje vyšetřovat vyboulení, resp. prohnutí součástí.

Pro výpočet používá Pro/Meachanica tzv. p -metodu (p -konvergenzi) kdy zůstává vygenerovaná síť modelu nezměněna, prvky jsou ale doplňovány o vyšší aproximační polynomy a to až do 9. stupně.

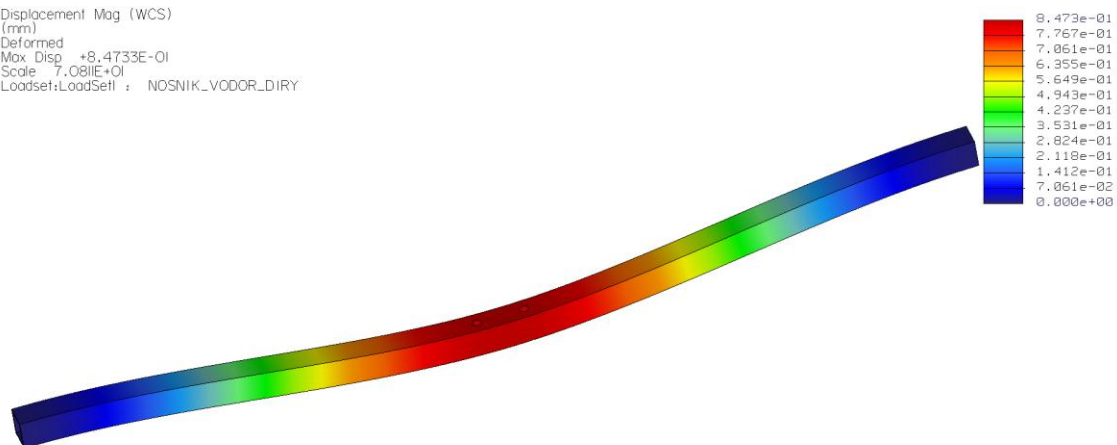


Obrázek 43 - Vygenerovaná síť a detail „zahuštění“ sítě okolo otvorů



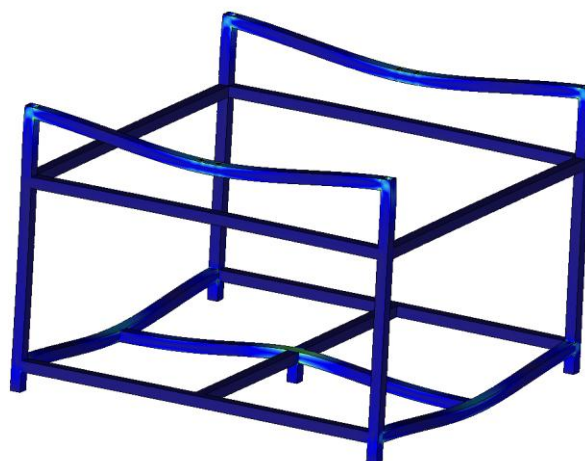
Obrázek 44 - Napětí v nosniku (zvětšení deformace 5%)

Displacement Mag (WCS)
(mm)
Deformed
Max Disp +8.4733E-01
Scale 7.081E+01
Loadset:LoadSet1 : NOSNIK_VODOR_DIRY



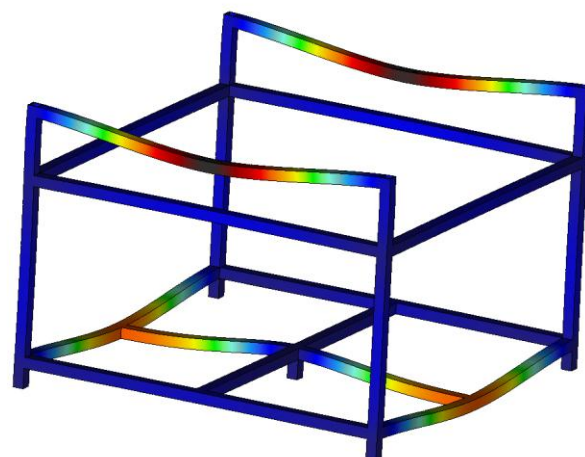
Obrázek 45 - Deformace nosníku (zvětšení deformace 5%)

Stress von Mises (WCS)
(MPa)
Deformed
Max Disp +5.0870E+01
Scale 5.0870E+01
Loadset:LoadSet1 : MKP_RAM2



Obrázek 46 - Napětí v rámu (zvětšení deformace 5%)

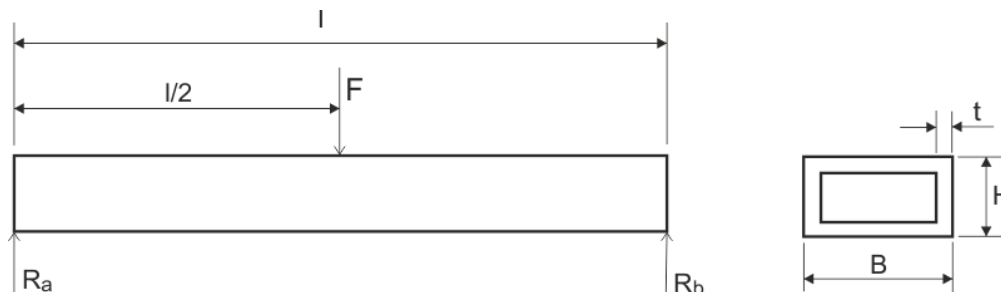
Displacement Mag (WCS)
(mm)
Deformed
Max Disp +1.2525E+00
Scale 5.0870E+01
Loadset:LoadSet1 : MKP_RAM



Obrázek 47 - Deformace rámu (zvětšení deformace 5%)

9.2 Výpočet vrchního nosníku

Vrchní nosník je uprostřed zatížen silou 1500 N. Rozměry nosníku jsou B x H x t x l (120x40x4x1270) a je vyroben z oceli 11375 Rm=450MPa, Re=250MPa.



Obrázek 48 - Zatížení vrchního nosníku

Napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (6)$$

Průřezový modul

$$W_o = \frac{2J_x}{H} = \frac{1695317,33}{60} = 28255,29 \text{ mm}^3 \quad (7)$$

Moment setrvačnosti

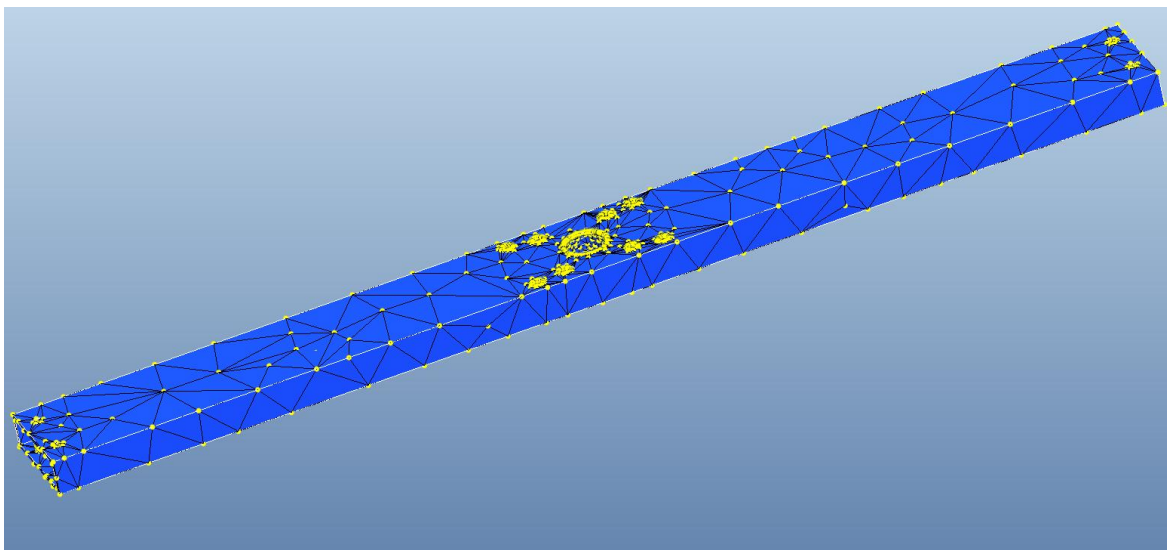
$$J_x = \frac{BH^3}{12} - \left(\frac{(B-2t)(H-2t)^3}{12} \right) = \frac{120 \cdot 60^3}{12} - \left(\frac{(120-8)(60-8)^3}{12} \right) = 847658,66 \text{ mm}^4 \quad (8)$$

$$\sigma_o = \frac{1500 \cdot 635}{28255,29} = 33,71 \text{ MPa} \quad (9)$$

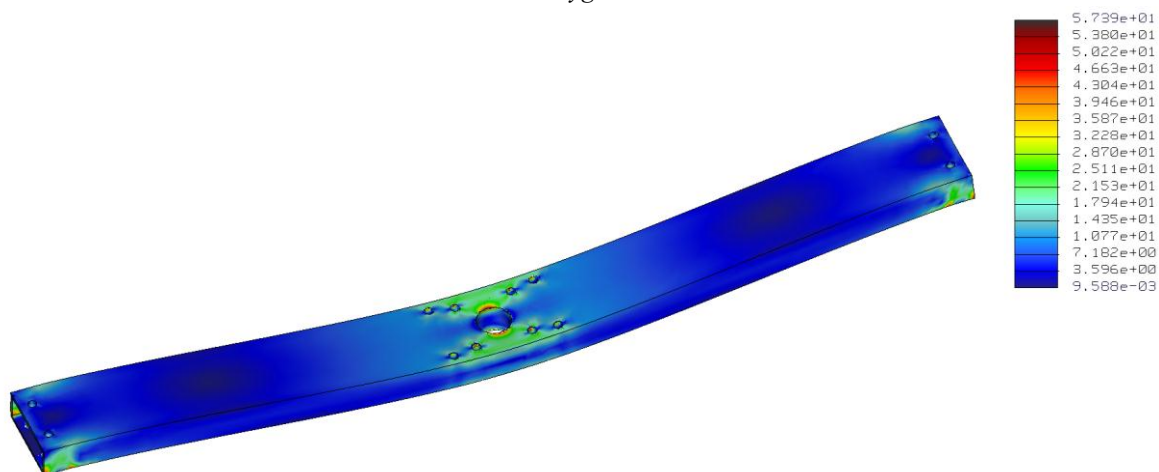
Bezpečnost

$$k = \frac{\delta_{mez}}{\delta_o} = \frac{0,7 \cdot 375}{33,71} = 7,78 \quad (10)$$

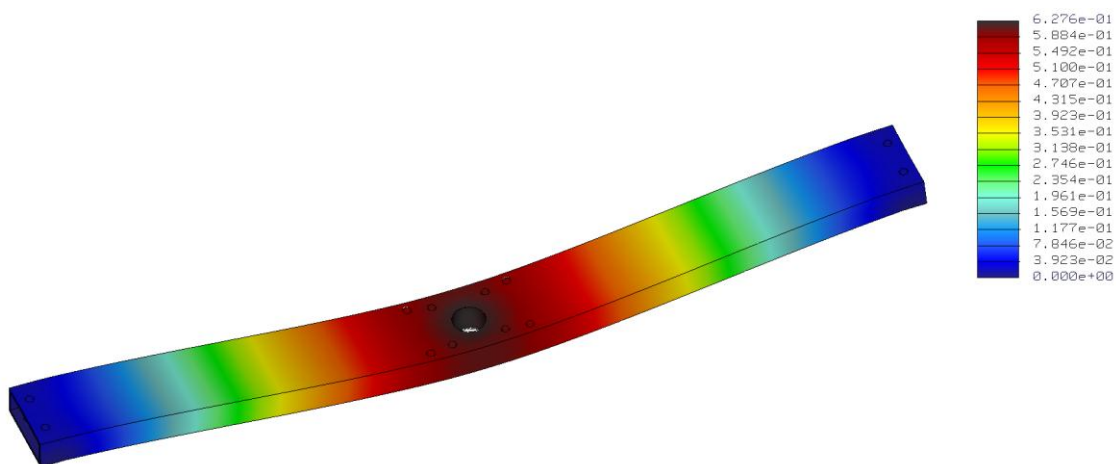
Kontrola vrchního nosníku pomocí MKP



Obrázek 49 - Vygenerovaná síť



Obrázek 50 - Napětí v horním nosníku (zvětšení deformace 5%)



Obrázek 51 - Deformace horního nosníku (zvětšení deformace 5%)

9. 3 Výpočet elektromotoru

Moment setrvačnosti

$$J = \frac{1}{2} m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 0,5^2 = 12,5 \text{ kgm}^2 \quad (11)$$

Úhlová rychlost

$$\omega_{\max} = \frac{\varphi}{t_{\text{rych}}} = \frac{2\pi}{3} = 2,0944 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (12)$$

$$\omega_{\min} = \frac{\varphi}{t_{\text{rych}}} = \frac{2\pi}{5} = 1,2566 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Úhlové zrychlení

$$\alpha_{\max} = \frac{\Delta\omega}{t_{\text{zr}}} = \frac{2,0944}{0,5} = 1,6756 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2} \quad (13)$$

Maximální otáčky motoru

$$n_{\max} = \frac{\omega_{\max} \cdot 60}{2\pi} = 20 \text{ ot} / \text{min} \quad (14)$$

Výpočet krouticího momentu koše při zrychlování a zpomalování

$$M_{\text{kose}} = J \cdot \alpha_{\max} = 20,945 \text{ Nm} \quad (15)$$

Odporová síla kapaliny

$$F_{\max} = \frac{1}{2} S \rho v^2 = \frac{1}{2} S \rho (\omega_{\max} r)^2 = \frac{1}{2} 0,033 \cdot 1000 \cdot (2,0942 \cdot 0,25)^2 = 4,4522 \text{ N} \quad (16)$$

$$F_{c \max} = 8 \cdot F_{\max} = 36,1818 \text{ N} \quad (17)$$

$$M_{\text{kap}} = F_{c \max} \cdot r_s = 9,0455 \text{ Nm} \quad (18)$$

$$M_{\text{kose}} = M_{\text{kose}} + M_{\text{kap}} = 29,991 \text{ Nm} \quad (19)$$

Zvolený motor SIEMENS 1LA7 096-8AB a pravoúhlá převodovka RC24C165 mají tyto parametry: $i=10$; $\eta=0,97$; $J_{\text{prev}}=0,00015 \text{ kgm}^2$; $n_{\text{mot}}=750 \text{ min}^{-1}$; $\eta=0,63$; $J_{\text{mot}}=0,0035 \text{ kgm}^2$; $M_{\text{mot}}=5,2 \text{ Nm}$

Maximální otáčky motoru

$$n_{\text{mot}} = i \cdot n_{\text{kose}} = 10 \cdot 20 = 200 \text{ ot} / \text{min} \quad (20)$$

Výpočet krouticího momentu motoru při zrychlování a zpomalování

$$M_{mot} = i \cdot J_{mot} \cdot \alpha_{max} = 10 \cdot 0,0035 \cdot 1,6756 = 0,0586 Nm \quad (21)$$

Výpočet krouticího momentu převodovky při zrychlování a zpomalování

$$M_{prev} = i \cdot J_{prev} \cdot \alpha_{max} = 10 \cdot 0,0003 \cdot 1,6756 = 0,00503 Nm \quad (22)$$

Moment motoru při zrychlování

$$M_{vmot} = M_{prev} + M_{mot} + M_{kose} \cdot \frac{1}{i \cdot \eta} = 0,00503 + 0,0586 + 29,991 \frac{1}{10 \cdot 0,95} = 3,2205 Nm \quad (23)$$

Moment motoru při zpomalování

$$M_{vmot} = M_{prev} - M_{mot} - M_{kose} \cdot \frac{\eta}{i} = -0,00503 - 0,0586 - 29,991 \frac{0,95}{10} = -2,9128 Nm \quad (24)$$

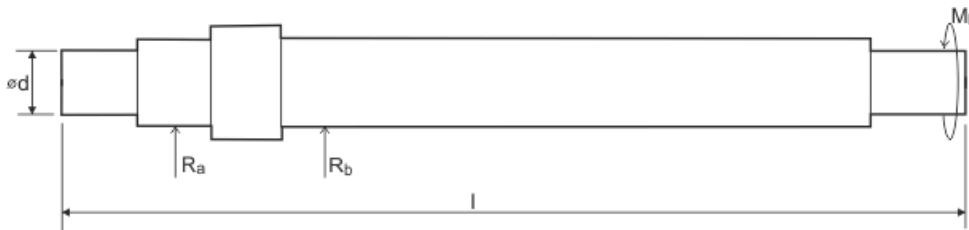
Největší moment je při zrychlování 3,22 Nm. Zvolený motor vyhovuje, protože ho lze zatížit do hodnoty 5,2 Nm při napětí 400V.

Proud motoru

$$I_{mot max} = I_{mot} \frac{M_{mot max}}{M_{vmot}} = 1,13 \cdot \frac{5,2}{3,22} = 1,8 A \quad (25)$$

9. 4 Výpočet hřídele

Na hřídel působí pulsující krouticí moment M_k . Hřídel je vyroben z oceli 1.4021 (X20Cr13), $R_m=735MPa$; $R_e=540MPa$; průměr $d=35mm$ a délka $l=880mm$. Otáčky hřídele jsou od $0,2s^{-1}$ ($30min^{-1}$) do $0,3s^{-1}$ ($20min^{-1}$). Výpočet bezpečnosti hřídele byl proveden pomocí Solderbergovy metody. Nejdříve bude proveden výpočet hřídele zatíženého míjivým krutem.



Obrázek 52 - zatížení hřídele

Moment setrvačnosti

$$J = \frac{1}{2} m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 0,5^2 = 12,5 kg \cdot m^2 \quad (26)$$

Uhlová rychlost

$$\omega_{\min} = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 0,2 = 1,2566 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (27)$$

$$\omega_{\max} = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 0,33 = 2,0942 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Uhlové zrychlení

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = 1,6752 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2} \quad (28)$$

Zrychlení

$$a = \frac{dv}{dt} = 0,4189 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (29)$$

$$v = \omega \cdot r \quad (30)$$

Moment hybnosti

$$L = J \cdot \alpha = 20,94 \text{ Nm} \quad (31)$$

Odporová síla kapaliny – minimální otáčky

$$F_{\min} = \frac{1}{2} S \rho v^2 = \frac{1}{2} S \rho (\omega_{\min} r)^2 = \frac{1}{2} 0,033 \cdot 1000 \cdot (1,2566 \cdot 0,25)^2 = 1,6283 \text{ N} \quad (32)$$

$$F_{c \min} = 8 \cdot F_{\min} = 13,027 \text{ N} \quad (33)$$

$$M_{sk \min} = F_{c \min} \cdot r_s = 3,256 \text{ Nm} \quad (34)$$

Odporová síla kapaliny – maximální otáčky

$$F_{\max} = \frac{1}{2} S \rho v^2 = \frac{1}{2} S \rho (\omega_{\max} r)^2 = \frac{1}{2} 0,033 \cdot 1000 \cdot (2,0942 \cdot 0,25)^2 = 4,4522 \text{ N}$$

$$F_{c \max} = 8 \cdot F_{\max} = 36,1818 \text{ N}$$

$$M_{sk \max} = F_{c \max} \cdot r_s = 9,0455 \text{ Nm}$$

Krouticí moment

$$M_{kd} = L + M_{sk \min} = 20,94 + 3,256 = 24,196 \text{ Nm} \quad (35)$$

$$M_{kh} = L + M_{sk \max} = 20,94 + 9,0455 = 29,985 \text{ Nm} \quad (36)$$

$$W_K = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 0,015^3}{16} = 6,627 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \quad (37)$$

Napětí v krutu

$$\tau_d = \frac{M_{kd}}{W_K} = \frac{24,196 \cdot 10^{-6}}{6,627 \cdot 10^{-7}} = 36,511 \text{ MPa} \quad (38)$$

$$\tau_h = \frac{M_{kh}}{W_K} = \frac{29,985 \cdot 10^{-6}}{6,627 \cdot 10^{-7}} = 45,247 \text{ MPa} \quad (39)$$

$$\tau_m = \frac{45,247 + 36,511}{2} = 40,879 \text{ MPa} \quad (40)$$

$$\tau_a = \frac{45,247 - 36,511}{2} = 4,368 \text{ MPa} \quad (41)$$

Mez únavy v kroucení

$$\tau_c^* = \frac{0,25 \cdot \sigma_p \cdot \nu_\tau \cdot \eta_k}{\beta_k} = \frac{0,25 \cdot 626 \cdot 0,98 \cdot 0,9825}{1,225} = 123 \text{ MPa} \quad (42)$$

Kde podle tabulek v příloze jsou $\nu_\tau = 0,98$, $q_2 = 0,45$, $\alpha_k = 1,5$, $\eta = 0,965$.

$$\eta_k = \frac{1}{2}(1 + \eta) = 0,9825 \quad (43)$$

$$\beta_k = q_2(\alpha_k - 1) + 1 = 0,45(1,5 - 1) + 1 = 1,225 \quad (44)$$

$$\tau_p^* \cong \tau_p \cong \xi_k \cdot \tau_k = \xi_k \cdot 0,58 \cdot \sigma_k = 1,33 \cdot 0,58 \cdot 449 = 346,36 \text{ MPa} \quad (45)$$

Dynamická bezpečnost

$$k = \left(\frac{\tau_a}{\tau_c^*} + \frac{\tau_m}{\tau_p^*} \right) = \left(\frac{4,368}{123} + \frac{40,879}{346,36} \right)^{-1} = 6,51 \quad (46)$$

[3]

Následující výpočet je pro hřídel zatížený krutem a ohybem.

Napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{62,5}{3,3134 \cdot 10^{-7}} = 188,63 \text{ MPa} \quad (47)$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,015^3}{32} = 3,3134 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \quad (48)$$

Ohybový moment

$$M_o = F \cdot R_s = 250 \cdot 0,25 = 62,5 \text{ Nm} \quad (49)$$

Napětí v průřezu

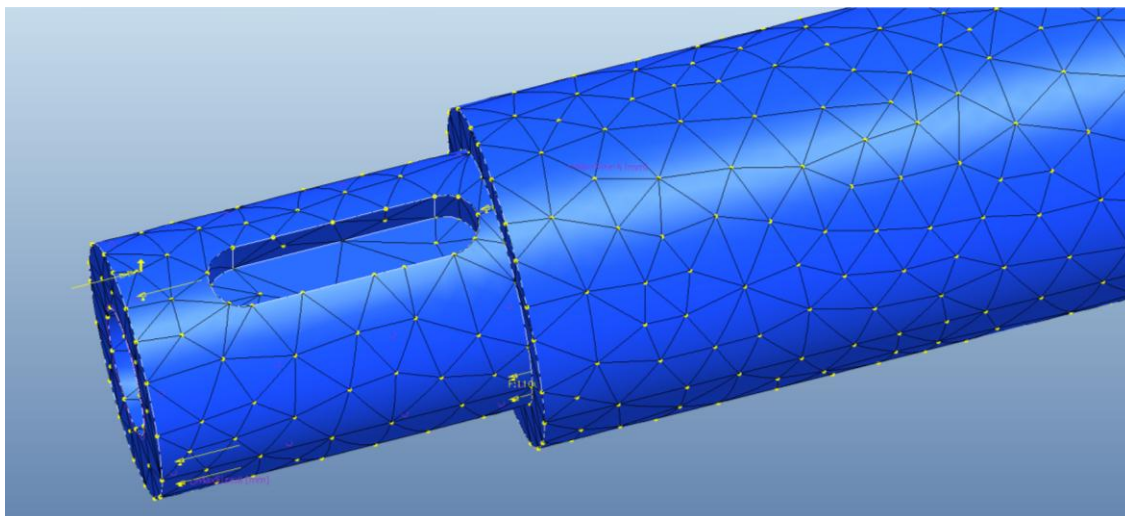
$$\sigma_{ored} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_m^2} = \sqrt{188,63^2 + 3 \cdot 40,879^2} = 224,991 \text{ MPa} \quad (50)$$

$$\sigma = \sigma_{ored} \cdot \beta_K = 224,991 \cdot 1,225 = 275,614 \text{ MPa} \quad (51)$$

Bezpečnost v průřezu

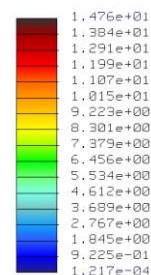
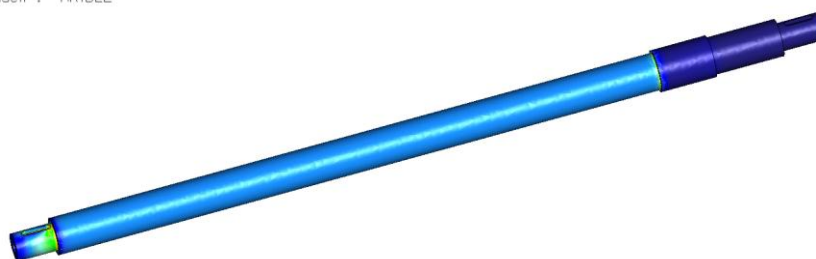
$$k = \frac{\sigma_c \cdot \chi_\sigma}{\sigma} = \frac{670 \cdot 0,8}{275,61} = 1,944 \quad (52)$$

Kontrola hřídele pomocí MKP



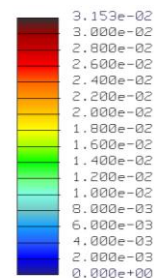
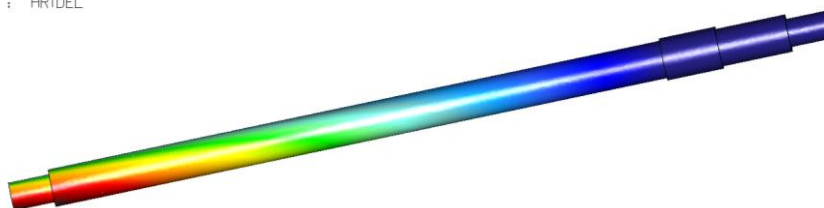
Obrázek 53 - Ukázka hustoty sítě

Stress von Mises (WCS)
(MPa)
Loadset:LoadSet1 : HRIDEL



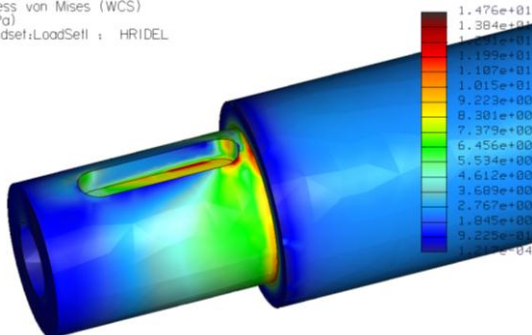
Obrázek 54 - Napětí v hřídeli

Displacement Mag (WCS)
(mm)
Max Disp +3.1532E-02
Loadset:LoadSet1 : HRIDEL

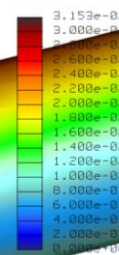
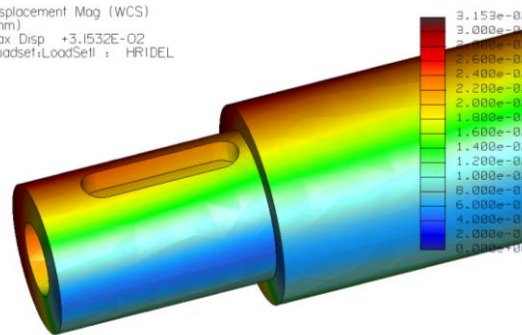


Obrázek 55 - Deformace hřídele

Stress von Mises (WCS)
(MPa)
Loadset:LoadSet1 : HRIDEL



Displacement Mag (WCS)
(mm)
Max Disp +3.1532E-02
Loadset:LoadSet1 : HRIDEL



Obrázek 56 - Detail hřídele

9. 5 Výpočet pera

Tečná síla

$$M_k = T \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow T = \frac{2M_k}{d} = \frac{2 \cdot 30000}{35} = 1714.28 \text{ N} \quad (53)$$

Délka pera (ze střižné podmínky)

Dle průměru hřídele $d = 35 \text{ mm}$ se volí pero: 10×8 ($b = 10 \text{ mm}$; $h = 8 \text{ mm}$)

$$\tau_s = \frac{T}{b \cdot l_1} \leq \tau_{SDov} \Rightarrow l_1 \geq \frac{T}{b \cdot \tau_{SDov}} = \frac{1714.28}{10 \cdot 85} = 2.02 \text{ mm} \quad (54)$$

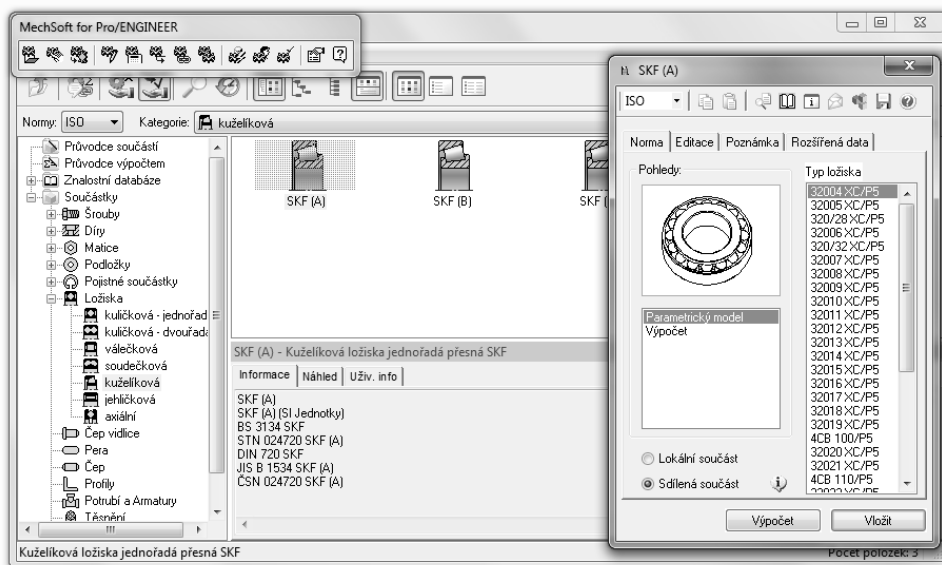
Délka pera (z měrného tlaku)

$$p = \frac{T}{\frac{h}{2} \cdot l_2} \leq p_{Dov} \Rightarrow l_2 \geq \frac{T}{\frac{h}{2} \cdot p_{Dov}} = \frac{1714.28}{4 \cdot 110} = 3.9 \text{ mm} \quad (55)$$

Bylo vybráno pero nejmenší možné délky $l = 24 \text{ mm}$: Pero 12e7x10x80 ČSN 02 2562

9. 6 Výpočet standardizovaných dílů v Mechsoftu

Výpočet ložiska a pera byl proveden pomocí MechSoft, což je externí modul do ProEngineera s databází standardizovaných součástí jako jsou šrouby, podložky, ložiska, čepy apod. Pomocí tohoto modulu je možné díly do sestavy vkládat, ale také počítat jejich parametry.



Obrázek 57 - Ukázka MechSoftu

9. 6. 1 Výpočet ložiska

Vstupní hodnoty

Požadovaná trvanlivost $L_h = 10000$ hod

Souč. přídatných sil $f_d = 1$

Provozní teplota $f_t = 100$ °C

Požadovaná spolehlivost $a_1 = 90$ %

Způsob mazání – olejem

Zatěžovací podmínky

Počet různých podmínek zatížení $N_i = 1$

Radiální zatížení $F_{r1} = 5$ N

Axiální zatížení $F_{a1} = 1250$ N

Frekvence otáček $n_1 = 30$ min⁻¹

Doba působení zatížení $t_1 = 100$ %

Typ ložiska

SKF (A), Kuličková ložiska jednořadá s kosoúhlým stykem SKF

Označení ložiska: 7208 BE

Vnitřní průměr ložiska $d = 40$ mm

Vnější průměr ložiska $D = 80$ mm

Šířka ložiska $B = 18$ mm

Poloměr zaoblení nebo sražení ložiska $r = 1.1$ mm

Min. průměr osazení hřídele $d_{amin} = 47$ mm

Max. průměr osazení náboje $D_{amax} = 73$ mm

Max. poloměr zaoblení osazení $r_{amax} = 1$ mm

Hmotnost ložiska $m = 0.37$ kg

Dynamická únosnost ložiska = 36400 N

Statická únosnost ložiska = 26000 N

Přípustné otáčky pro mazání tukem [min⁻¹] = 7000

Přípustné otáčky pro mazání olejem [min⁻¹] = 9500

Výsledky výpočtu

Dyn. ekvivalentní zatížení $P = 714.25$ N

Stat. ekvivalentní zatížení $P_0 = 1250$ N

Souč. statické bezpečnosti $s_0 = 20.8$

Nutné minimální zatížení $F_{min} = 364$ N

Vypočítaná trvanlivost $L_h = 73532765.33$ hod

Koeficient přetáček $k_n = 316.67$

9. 6. 2 Výpočet pera

Zatížení:

Výkon $P = 0.063 \text{ kW}$

Otáčky $n = 20 \text{ min}^{-1}$

Točivý moment $M_k = 30 \text{ Nm}$

Rozměry:

Průměr hřídele $d = 35.00 \text{ mm}$

Pero 10x8

Délka pera $L = 22 \text{ mm}$

Činná délka pera $L_f = 12 \text{ mm}$

Délka drážky $= 24 \text{ mm}$

Vlastnosti spoje:

Materiál = Ocel

Dovolený tlak $= 110 \text{ MPa}$

Mez pevnosti $= 400 \text{ MPa}$

Redukovaný dovolený tlak $= 85 \text{ MPa}$

Počet per $= 1$

Výsledky výpočtu:

Min. činná délka pera $= 5.042 \text{ mm}$

Výsledný redukovaný tlak $= 35.714 \text{ MPa}$

Pevnostní kontrola – Vyhovuje

10 Ekonomické zhodnocení

Náklady na výrobu (montáž) myčky nejvíce ovlivňují komponenty pohonu a to více jak 50 % z ceny myčky. Mezi tyto komponenty patří elektromotor, převodovka a frekvenční měnič.

Většinu komponentů lze nakoupit od dodavatelů nebo vyrobit z běžně dostupných polotovarů, čímž se ušetří náklady na výrobu. Dalšímu snížení nákladů přispěla zvolená konstrukce rámu, kde místo dražších montovaných hliníkových profilů byla použita svařovaná konstrukce z profilů.

Výsledná cena myčky je okolo 21 000 Kč. Do výsledné ceny není zahrnuta cena práce tj. obrábění, svařování a montáž potřebná pro výrobu. Po započtení těchto položek by náklady nepřesáhly 30 000 Kč.

Tab. 9 – Ekonomické zhodnocení

| Název dílu | Počet kusů [Ks] | Hmotnost 1ks [kg] | Hmotnost celková [kg] | Cena za 1ks [Kč] | Celková cena [Kč] |
|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| Rám myčky | 1 | - | 7,5 | 1400 | 1400 |
| Vrchní nosník | 1 | - | 12 | 400 | 400 |
| Vana | 1 | - | 8 | 1500 | 1500 |
| Hřídél | 1 | - | 8,6 | 1000 | 1000 |
| Domeček | 2 | 0,5 | 1 | 250 | 500 |
| Ložisko | 2 | 0,37 | 0,54 | 195 | 390 |
| Těsnění (gufero) | 2 | 0,05 | 0,01 | 45 | 90 |
| Elektromotor | 1 | 16 | 16 | 3490 | 3490 |
| Převodovka | 1 | 23 | 20 | 4000 | 4000 |
| Frekven. měnič | 1 | 1,3 | 1,3 | 3600 | 3600 |
| kabeláž | 1 | - | 0,4 | 200 | 200 |
| Šroub M12 X25 | 8 | 0,005 | 0,04 | 15 | 120 |
| Šroub M12 X55 | 4 | 0,01 | 0,08 | 19 | 152 |
| Šroub M12x115 | 4 | 0,015 | 0,06 | 22 | 88 |
| Šroub M12x95 | 4 | 0,02 | 0,08 | 25 | 100 |
| Matice M12 | 20 | 0,005 | 0,08 | 4 | 80 |
| Šroub M14 x 55 | 1 | 0,018 | 0,018 | 30 | 30 |
| Matice M14 | 1 | 0,02 | 0,02 | 8 | 8 |
| Mycí koš | 1 | - | 9 | 3500 | 3500 |
| Kulový kohout | 2 | 0.02 | 0.04 | 130 | 260 |
| Suma | 57 | | 88,73 | | <u>20908</u> |

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout inovovanou konstrukci myčky skleněné bižuterie. Výsledkem je vlastní konstrukce myčky, která má tyto parametry: velikost jedné mycí dávky je 100 kg. Cílová hodnota byla umýt alespoň 90 kg bižuterie v jednom cyklu. Dalším parametrem byla cena, která neměla přesáhnout 100 000 Kč. Pořizovací náklady na inovované řešení myčky jsou okolo 30 000 Kč, což splňuje zadání. Nepřehlédnutelným aspektem je bezesporu velmi jednoduchá a nenáročná konstrukce jak na použité nástroje k výrobě, tak na výrobu vlastní.

Posledním parametrem bylo snížit dobu mycího cyklu o 30 %. Po prozkoumání současného řešení myčky bylo zjištěno, že 40 % času jsou koše mimo mycí lázeň. Inovovaná řešení myčky tuto dobu odstranilo, což vedlo ke zkrácení doby mytí o požadovanou hodnotu.

Návrh myčky byl pak řešen jako projekt, který se skládá z několika kroků při vývoji inovovaného výrobku.

Na začátku této diplomové práce byl proveden průzkum trhu, při kterém bylo nalezeno několik konkurenční výrobků. Následovalo zhodnocení současného řešení myčky, které objevilo nedostatky a přednosti tohoto řešení. Dále byla provedena analýza zákaznických potřeb, která odhalila, jaké vlastnosti by podle zákazníka měl mít inovovaný výrobek. Výsledkem těchto kroků byl návrh šesti vlastních konceptů myček podle jednotlivých potřeb zákazníků. Tyto koncepty nabízely různé varianty konstrukčních řešení a způsobů mytí.

Následující kapitola diplomové práce popisuje výběr varianty, která byla následně rozpracována do konstrukčního řešení. Výběr se provedl pomocí hodnotící tabulky, ve které byly obodovány parametry jednotlivých konceptů, podle toho jak splňovaly potřeby zákazníka. Z této tabulky byly vybrány 2 koncepty s nejvíce body.

Vybrané varianty byly prověřeny pomocí metod DFX a Koncept 2 byl vybrán pro konstrukční řešení. Při návrhu konstrukce byl u vybrané varianty zjištěn nedostatek a to roztočení vody ve vaně během mytí. Tento stav nastane, pokud se koš otáčí stále stejnými otáčkami. Aby se zmíněnému efektu předešlo, byl do sestavy přidán frekvenční měnič s řídicí jednotkou, který střídavě mění rychlost otáčení a rohové usměrňovací desky.

Celá sestava byla vymodelována v programu Pro/ENGINEER, ve kterém se vytvořila i výkresová dokumentace. U hlavních dílů sestavy se spočítala bezpečnost a pomocí metody konečných prvků byly zjištěny deformace u jednotlivých dílů.



Na závěr se zvolené řešení posoudilo z hlediska funkčnosti a poruchovosti metodou FMEA a ekonomickým zhodnocením.

Přínos této diplomové práce spočívá v navržnutí vlastní konstrukce myčky skleněné bižuterie, která má vyšší mycí výkon než současné řešení a nižší pořizovací náklady než myčky prodávané na trhu. Cíle uvedené v úvodu práce lze tak považovat za splněné.

Seznam použité literatury

[1] - Mašín, I., Ševčík, L., *Metody inovačního inženýrství*. IPI 2006.

[2] – Marušinec, J., *Popis a přehled licencí - Pro/ENGINEER. 2012* .

Dostupné na URL: <http://www.vutbr.cz/cvis/software/vypocetni-programy/proengineer-did38144>

[3] - Kvapilová, J., Mevald, J., Prášil, L., Stříž, B., *Příručka z tvarové pevnosti*. TUL 1976.

[4] – Anonym: *Doplňkové technologie pro zpracování plastů* TUL 2012

Dostupné na URL: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm

[5] – Anonym: *Podnikatelská filozofie a marketing* 2012.

Dostupné na URL: <http://www.vysokeskoly.cz/maturitniotazky/ekonomika/podnikatelska-filozofie-a-marketing>



Seznam příloh

Příloha 1 - Tabulky pro určení součinitele velikosti

Příloha 2 - Tabulka pro určení vrubové citlivosti

Příloha 3 - Tabulka pro určení tvarového součinitele

Příloha 4 - FMEA

Příloha 5 - Časový harmonogram

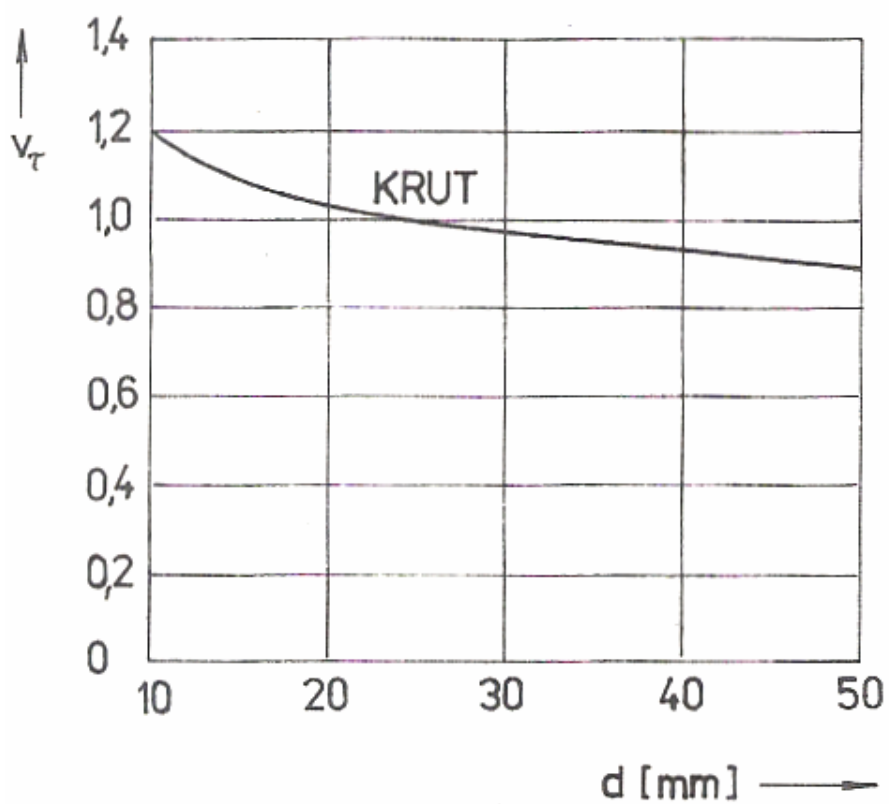
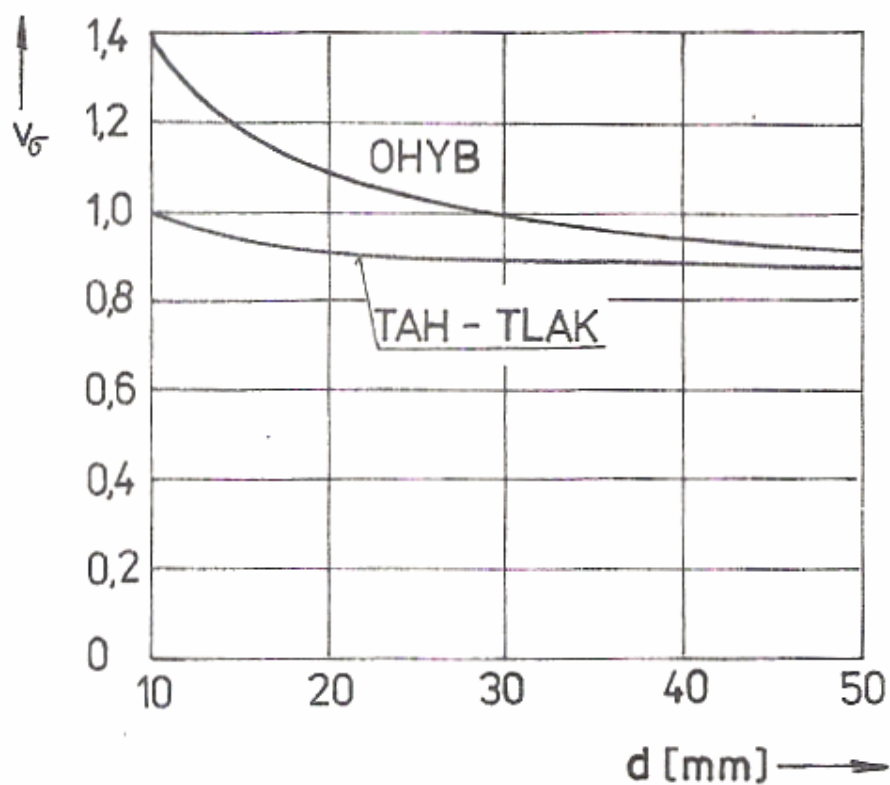
Příloha 6 – Inovované a současné řešení

Příloha 7 - Výkresová dokumentace

Výkresy

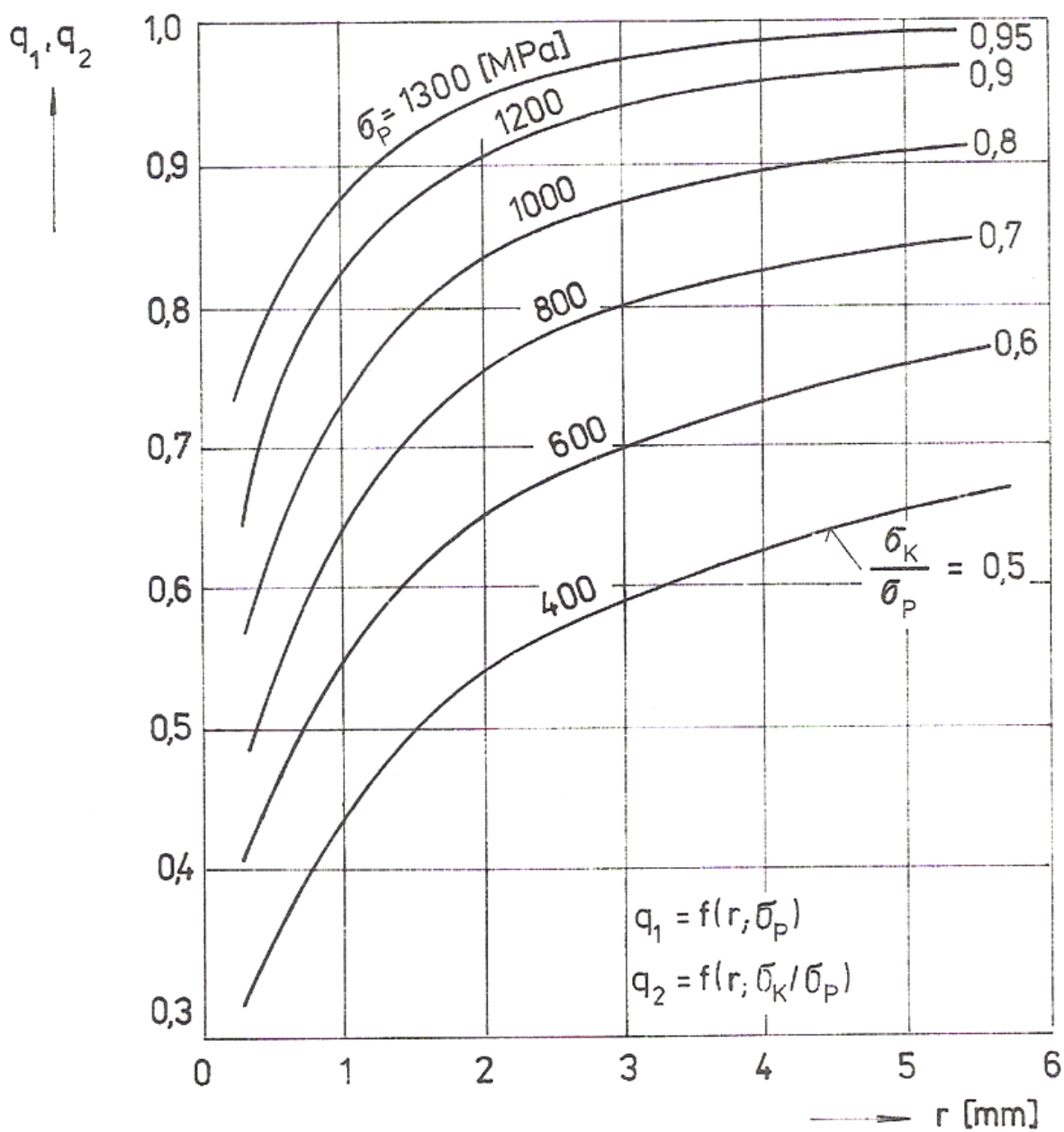


Příloha 1 Tabulky pro určení součinitele velikosti

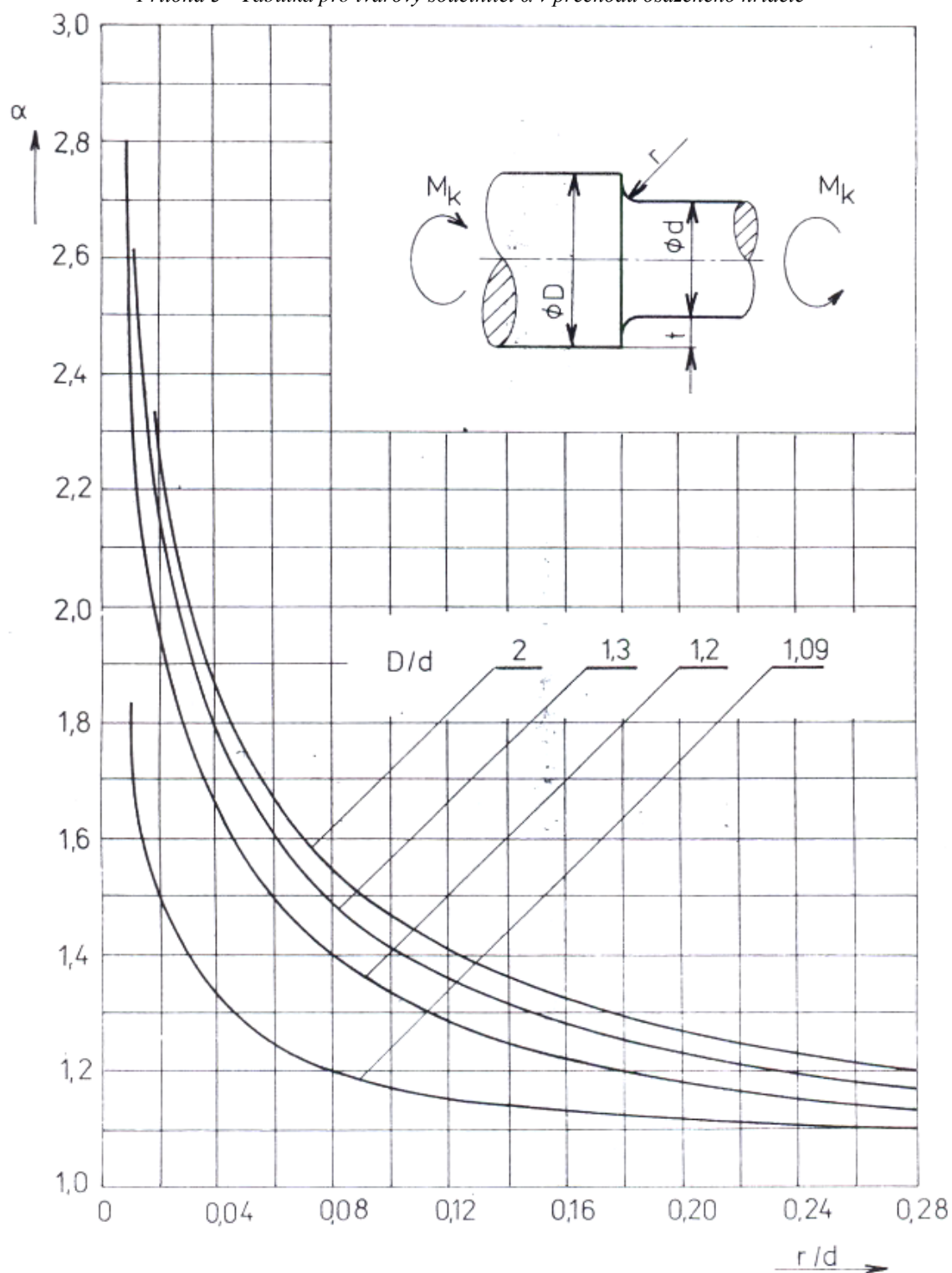




Příloha 2 - Tabulka pro určení vrubové citlivosti



Příloha 3 - Tabulka pro tvarový součinitel α v přechodu osazeného hřídele



FMEA Návrhu výrobku

| Název: | | | | | Zodpovědnost za návrh: | | | | | | Číslo FMEA: | | | | | |
|--|--------------------|--------------------------------------|--------|------------|---------------------------|--------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-----------------------------|---|--------|--------|---------------|----------------|
| Myčka skleněné bižuterie | | | | | Prof. L. Ševčík | | | | | | Strana 1 z 1 | | | | | |
| Předmět FMEA: | | | | | Datum provedení FMEA: | | | | | | Zpracoval: | | | | | |
| Inovovaná konstrukce myčky – koncept 2 | | | | | 6.5.2012 | | | | | | Bc.Adam Kryštof | | | | | |
| Tým FMEA: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bc.Adam Kryštof | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Místo | Možná vada | Možné Následky vady | Význam | Kritičnost | Možné příčiny/ Mechanismy | Výskyt | Stávající opatření pro prevenci vady | Stávající způsob posuzování návrhu | Odhalitelnost | Rizikové číslo | Opovědnost Termín realizace | Provedená opatření | Význam | Výskyt | Odhalitelnost | Rizikové číslo |
| Rám myčky | Nedotažený šroub | Rozpadnutí konstrukce | 7 | | Malý utahovací moment | 7 | Dotahovat šroub velkou silou | Kontrola utažení klíčem | 4 | 196 | | Používat momentový klíč | 6 | 2 | 4 | 48 |
| | Prohnutí nosníků | Zkřivení konstrukce | 7 | | Nevhodný materiál | 5 | Použít větší průřezy | Kontrola vybraných polotovarů | 4 | 140 | | Nakupovat nosníky z lepších mat. | 6 | 1 | 3 | 18 |
| Motor | Nedotažené šrouby | Vylomení motoru, nefunkční pohon | 7 | | Malý utahovací moment | 4 | Dotahovat šroub velkou silou | Kontrola utažení klíčem | 4 | 112 | | Používat momentový klíč | 5 | 2 | 2 | 20 |
| | Přepólování motoru | Uvolnění koše se zbožím | 5 | | Přehození pólů na motoru | 1 | Žádné | Zkušební rozběh motoru | 2 | 10 | | Barevně označit póly motoru a kabely | 4 | 1 | 1 | 4 |
| | Přetížení motoru | Spálení motoru | 6 | | velké zatížení koše | 2 | Informace v návodu | Postupné zatěžování motoru | 5 | 60 | | Pokud nedojde k roztočení motoru ŘJ ho odpojí | 6 | 1 | 3 | 18 |
| Převodovka | Nedotažené šrouby | Vylomení převodovky, nefunkční pohon | 7 | | Malý utahovací moment | 4 | Dotahovat šroub velkou silou | Kontrola utažení klíčem | 4 | 112 | | Používat momentový klíč | 6 | 2 | 4 | 48 |
| Mycí koš | Nedotažené šrouby | Uvolnění koše | 7 | | Malý utahovací moment | 3 | Dotahovat šroub velkou silou | Kontrola utažení klíčem | 5 | 105 | | Používat momentový klíč | 6 | 1 | 3 | 18 |

Příloha 5 – Časový harmonogram

